

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE ECONOMÍA**

**Disertación previa a la obtención del título de  
Economista**

***Análisis de viabilidad de una posible sustitución del subsidio al gas, por un  
subsidio a paneles solares térmicos en la ciudad de Quito***

Jorge Luis Sánchez Riofrío  
jorldu@hotmail.com

Directora: Eco. Verónica Cordero  
vicordero@puce.edu.ec

**Quito, octubre del 2013**

## ***Resumen***

La presente investigación tuvo por fin determinar la viabilidad económica de la puesta en marcha de un eventual proceso de sustitución al subsidio del gas licuado de petróleo, por un subsidio a paneles solares térmicos en la ciudad de Quito. Para esto el documento se organizó en tres partes. La primera parte se centró en desarrollar la problemática que envuelve al subsidio al gas doméstico en el país desde un enfoque estatal, y en determinar la cantidad de hogares del Distrito Metropolitano de Quito que consumen ineficientemente el subsidio al gas en el uso del calefón (beneficiarios propuesta a implementarse). La segunda parte estudió el desarrollo de la energía solar térmica para calentamiento de agua a nivel mundial, en donde se realizó un análisis de su funcionamiento, así como de sus potenciales costos y beneficios, de las barreras que impiden su difusión, de las políticas implementadas en distintos países a nivel mundial para su desarrollo, y del estatus de este tipo de tecnología en el país. En la última parte se desarrolló la propuesta de la investigación, la cual consiste en la implementación de una subvención del 70% a la compra de paneles solares térmicos para sustituir el consumo del calefón a gas, y por ende, del uso incorrecto del subsidio al gas doméstico en la ciudad de Quito. Mediante un análisis costo-beneficio se analizó viabilidad económica de la propuesta bajo dos escenarios, uno con el gas doméstico subsidiado (situación actual), y otro con la eliminación del subsidio al gas.

***Palabras clave:*** energía solar térmica para calentamiento de agua, paneles solares, subsidio GLP, análisis costo-beneficio.

## ***Abreviaturas***

**BCE** Banco Central del Ecuador

**BVQ** Bolsa de Valores de Quito

**CERs** Certificados de emisión de reducciones de gases de efecto invernadero, siglas en inglés de *Certified Emission Reductions*

**CEPE** Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana

**CENEC** Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción

**CFN** Corporación Financiera Nacional

**CO<sub>2</sub>** Dióxido de carbono

**CONELEC** Consejo Nacional de Electricidad

**CSP** Energía solar térmica concentrada para generación eléctrica, siglas en inglés de *Concentrated Solar Power*

**DMQ** Distrito Metropolitano de Quito

**ECV** Encuestas de Condiciones de Vida

**ESTTP** Plataforma de Tecnología Solar Térmica en Europa, siglas en inglés de *European Solar Thermal Technology Platform*

**GLP** Gas licuado de petróleo

**GWth** Gigavatios térmicos, medida de energía térmica

**GEI** Gases de efecto invernadero

**IDAE** Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

**IEA** Agencia Internacional de Energía, siglas en inglés de *International Energy Agency*

**IPCC** Panel Intergubernamental de Cambio Climático, siglas en inglés de *Intergovernmental Panel on Climate Change*

**Kcal/día** Kilocalorías al día

**Kg** Kilogramo

**kWh** Kilovatio hora, equivalente a mil-vatios hora

**kWh/m<sup>2</sup>/día** Kilovatio hora por metro cuadrado al día, medida de insolación de la radiación solar.

**MCPEC** Ministerio Coordinador de la Producción, Empleo y Competitividad

**MDL** Mecanismo de Desarrollo Limpio

**MEER** Ministerio de Electricidad y Energía Renovable

**MWh** Megavatio hora, medida de energía eléctrica

**MWth** Megavatios térmicos, medida de energía térmica

**OLADE** Organización Latinoamericana de Energía

**ONU** Organización de Naciones Unidas

**PGE** Presupuesto General del Estado

**PIB** Producto Interno Bruto

**PNBV** Plan Nacional para el Buen Vivir

**PV** Energía solar fotovoltaica

**REN21** Red Internacional de Políticas de Energías Renovables para el siglo 21, siglas en inglés de *Renewable Energy Policy Network for the 21st Century*

**SENPLADES** Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo

**SIISE** Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador

**SST** Sistema solar térmico

**TIR** Tasa interna de retorno

**TJ** Tera- joules (equivalente a  $10^{12}$  joules), medida de energía

**USD** Dólar de los Estados Unidos, siglas en inglés de *United States Dollar*

**VAN** Valor actual neto

**WCED** Comisión mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo, siglas en inglés de *World Commission on Environment and Development*

*A Dios.*

*A mis padres, por la educación brindada, por los principios y valores enseñados, y por ser siempre el soporte de mi vida.*

*A mi hermana, por ser más que una hermana mayor una amiga y compañera de vida.*

*A mi familia y amigos, por todos los momentos y experiencias compartidas que han hecho que este camino llamado vida sea mejor.*

*A mi directora, por siempre motivarme y estar al tanto.*

*GRACIAS TOTALES.*

# ***Análisis de viabilidad de una posible sustitución del subsidio al gas, por un subsidio a paneles solares térmicos en la ciudad de Quito***

<b><i>Introducción.....</i></b>	<b><i>7</i></b>
<b><i>Metodología del trabajo .....</i></b>	<b><i>9</i></b>
<b><i>Fundamentos teóricos.....</i></b>	<b><i>12</i></b>
<i>Fuentes de energía .....</i>	<i>12</i>
<i>Problema del cambio climático .....</i>	<i>16</i>
<i>Desarrollo sustentable.....</i>	<i>18</i>
<i>Desarrollo sustentable y política pública.....</i>	<i>19</i>
<i>Análisis costo-beneficio .....</i>	<i>26</i>
<b><i>Análisis del subsidio al GLP en el Ecuador durante el período 2004-2011 .....</i></b>	<b><i>32</i></b>
<i>Subsidios a combustibles derivados de petróleo en el Ecuador .....</i>	<i>32</i>
<i>Subsidio al GLP en el Ecuador.....</i>	<i>41</i>
<i>Estimación demanda subsidio al GLP en el Distrito Metropolitano de Quito .....</i>	<i>48</i>
<b><i>La energía solar térmica para calentamiento de agua como tecnología alternativa .....</i></b>	<b><i>54</i></b>
<i>Estatus mundial de la energía solar térmica .....</i>	<i>54</i>
<i>Energía solar térmica para calentamiento de agua sanitaria.....</i>	<i>62</i>
<i>Beneficios.....</i>	<i>67</i>
<i>Costos .....</i>	<i>71</i>
<i>Barreras de difusión .....</i>	<i>72</i>
<i>Políticas implementadas en países a nivel mundial .....</i>	<i>74</i>
<i>Estatus de la tecnología de paneles solares térmicos en el Ecuador .....</i>	<i>77</i>
<b><i>Propuesta: sustitución de calefones a gas por paneles solares térmicos en el DMQ .....</i></b>	<b><i>83</i></b>
<i>Situación Actual.....</i>	<i>83</i>
<i>Situación Propuesta.....</i>	<i>83</i>
<i>Análisis costo-beneficio .....</i>	<i>86</i>
<b><i>Conclusiones y recomendaciones.....</i></b>	<b><i>96</i></b>

<i>Conclusiones</i> .....	96
<i>Recomendaciones</i> .....	100
<b><i>Referencias bibliográficas</i></b> .....	101
<b><i>Anexos</i></b> .....	107

## ***Introducción***

El subsidio al GLP en el Ecuador, fue creado con el objetivo de redistribuir el ingreso hacia los sectores más vulnerables y también como una política populista del gobierno de turno (Triunvirato Militar, 1976-1979), el cual gozaba de las bonanzas de la industria petrolera que estaba plantando su semilla en el país. Desde la adopción de esta política subsidiaria, el gas se ha convertido en un bien de alto consumo en el Ecuador, tanto así que 9 de 10 hogares los utilizan como combustible principal para cocinar y es un bien que forma parte de la canasta básica familiar. Sin embargo, la mayoría de los hogares que goza de su consumo desconoce cuánto le ha costado al Estado mantener esta política subsidiaria a través de los años, y cómo este subsidio ha generado efectos perversos a través de los años tales como la fuga del hidrocarburos por las fronteras hacia los países vecinos, el uso del gas en actividades para las cuales no fue creado, como por ejemplo en los calefones a gas, entre otras; las cuales han debilitado las capacidades de regulación y redistribución, incrementando la demanda del gas de uso doméstico en el país y cuestionando en gran medida su sostenibilidad.

En la actualidad, gran parte de la población mundial se encuentra preocupada por el deterioro del medio ambiente global principalmente por los efectos del calentamiento global, tanto en los distintos ecosistemas como en los seres humanos. La problemática del cambio climático, ha llevado a organismos mundiales como las Naciones Unidas a plantear la necesidad de un crecimiento económico compatible con la conservación de la base de recursos y que no fuese acompañado de amenazas para la calidad de vida y la salud de la población derivadas del deterioro ambiental tanto para la generaciones presentes como futuras, llamado desarrollo sustentable.

La utilización de tecnologías que funcionan con energías renovables en el Ecuador, como los SST para calentamiento de agua, es una alternativa para afrontar la problemática fiscal que envuelve el consumo ineficiente del subsidio al GLP en el uso de calefones, y de la misma manera es una forma de propiciar un desarrollo sustentable en el país mediante la diversificación de la matriz energética dependiente de energías no renovables, como los combustibles fósiles. Lamentablemente en el Ecuador, la energía solar térmica para calentamiento de agua no ha tenido cabida, a pesar de las excelentes condiciones climáticas del país para el desarrollo de este tipo de tecnología; esto se debe a que las fuentes de energía que utilizan las tecnologías convencionales, como el calefón a gas y la ducha eléctrica, se encuentran subvencionadas por el Estado, lo que ocasiona que los paneles solares térmicos no puedan competir en costos con las tecnologías convencionales.

Bajo este contexto, la investigación presente se centró en proponer un subsidio a los paneles solares térmicos para calentamiento de agua para sustituir el consumo de calefones que utilizan el GLP subsidiado como fuente de energía primeramente, y para propiciar un desarrollo sustentable en el país. Para ello fue necesario introducir primeramente los fundamentos teóricos de la investigación entre los que se destacan las fuentes de energía existentes, el problema del cambio climático, el nacimiento del desarrollo sustentable, las razones por las cuales el sector público interviene en la economía y



principalmente en el mercado de energías renovables, los tipos de políticas ambientales a implantarse, y cómo se evalúan las mismas.

En segundo lugar, se procedió a abordar la problemática que enfrenta el subsidio al GLP en el Ecuador; para esto fue necesario partir de un breve análisis acerca de los subsidios a combustibles derivados de petróleo para tener una idea del panorama macro que envuelve al subsidio al GLP. Durante esta sección se identificó la problemática que enfrenta el subsidio al gas y se estimó la cantidad de hogares que utilizan el subsidio al GLP en DMQ y los usos que brindan al mismo, con el objetivo de tener el alcance de la demanda de hogares que serán beneficiados con la propuesta.

Posteriormente, la segunda parte de la disertación introdujo la tecnología de energía solar térmica para calentamiento de agua con un análisis de su estatus a nivel mundial. Después, con el afán de tener una relación más cercana con la energía solar térmica para calentamiento de agua y para tener mayores argumentos al momento de realizar el análisis costo-beneficio de la propuesta, se realizó un análisis del funcionamiento y tipos de SST para calentamiento de agua, así como un análisis de sus potenciales beneficios/costos, de las barreras que impiden su difusión, de las políticas implementadas en distintos países a nivel mundial para su desarrollo, y del estatus de la energía solar térmica para calentamiento de agua en el Ecuador.

Finalmente, en la propuesta de la investigación se partió de la situación actual de la problemática del subsidio al GLP para poder realizar posteriormente un análisis costo-beneficio de la introducción de un subsidio a la energía solar térmica para calentamiento de agua para sustituir el uso de calefones a gas en el DMQ bajo dos escenarios, uno con el gas doméstico subsidiado (situación actual), y otro con la eliminación del subsidio al GLP; el cual reflejó que la propuesta a implementarse es viable económicamente.

# ***Metodología del trabajo***

## ***Problemática de la investigación***

¿Es viable económicamente la sustitución del subsidio al gas por un subsidio de paneles solares térmicos en la ciudad de Quito?

## ***Objetivo general***

Determinar la viabilidad económica de la puesta en marcha de un eventual proceso de sustitución al subsidio de GLP, por un subsidio a paneles solares térmicos en la ciudad de Quito.

## ***Preguntas específicas***

- ¿Cuál es la problemática que envuelve al subsidio al GLP?
- ¿Cuáles son los beneficios y costos que posee la energía solar térmica para calentamiento de agua?
- ¿Cuánto serían los costos y el ahorro para el Estado con la puesta en marcha de un subsidio a los paneles solares térmicos?
- ¿Es viable económicamente una sustitución del subsidio al GLP por un subsidio a los paneles solares en el DMQ?

## ***Objetivos específicos***

- Analizar la problemática que envuelve al subsidio al gas en el país e identificar el porcentaje de hogares en el DMQ que consumen ineficientemente el subsidio en el uso del calefón.
- Describir la implementación de la energía solar térmica para calentamiento de agua a nivel mundial, tomando en cuenta temas como su funcionamiento, costos, beneficios, barreras de difusión y políticas implementadas.
- Identificar los ingresos y costos tanto privados como sociales que tendría la puesta en marcha de un subsidio a los paneles solares térmicos.
- Establecer si la posible sustitución del subsidio al gas doméstico por un subsidio a los paneles solares térmicos es viable económicamente.

## ***Delimitación***

La delimitación se entiende a través del ámbito espacial y temporal. En cuanto a la delimitación espacial, la presente investigación se centró en la ciudad de Quito (ó DMQ), ya que esta ciudad por su ubicación latitudinal en la zona tórrida, recibe la radiación solar en forma perpendicular, lo cual provoca que la

posición del sol tenga poca variabilidad durante todo el año. Este factor permite que existan 12 horas de sol en promedio por día, lo cual favorece a la aplicación de energía solar, en especial a la energía solar térmica para calentamiento de agua.

Por otro lado, el presente trabajo analizará la problemática que envuelve al subsidio al GLP durante el período 2004-2011, la cual servirá para proyectar la cantidad de hogares del DMQ que consumen ineficientemente el subsidio en el uso del calefón. Se escogió este período porque posee toda la información estadística acerca de cómo se determina el subsidio al GLP. Los datos que se obtengan permitirán conocer los beneficios y costos tanto para el Estado como para los consumidores que tendrá la propuesta a implementarse.

### ***Procedimiento metodológico***

El desarrollo de la investigación arrancó con el análisis de la problemática que envuelve al subsidio al GLP, para esto se examinó primeramente el contexto que envuelve al mismo, el subsidio a los combustibles. Este análisis reflejó que los subsidios a los combustibles en el Ecuador son insostenibles en cuanto a su financiamiento e ineficientes en cuanto a la redistribución del ingreso. Bajo esta premisa se analizó el subsidio al gas de uso doméstico, en donde gracias a la ayuda del análisis estadístico y la investigación documental se determinó que el subsidio no cumple con el objetivo de redistribuir el ingreso a los sectores más vulnerables por el cual fue creado, debido a que es un subsidio mal focalizado, mal utilizado (se utiliza en actividades como el uso del calefón principalmente), insostenible fiscalmente y vulnerable ante las fluctuaciones del mercado externo. Finalmente con la ayuda de la ECV se pudo estimar el porcentaje de hogares que consumen el subsidio al gas en el uso del calefón, es decir, el número de hogares que serán beneficiados con la propuesta.

Posteriormente al análisis de la problemática del subsidio al GLP se analizaron las perspectivas de la energía solar térmica para calentamiento de agua a nivel mundial. Para esto, se realizó primeramente un análisis sobre el estatus de este tipo de tecnología a nivel mundial en donde se determinó que los países desarrollados como China y la Unión Europea son los principales demandantes. Complementariamente, se realizaron análisis enfocados al funcionamiento, beneficios y costos de los dispositivos que utilizan energía solar térmica para calentamiento de agua, con la finalidad de tener mejores argumentos para estimar los beneficios y costos durante la realización de la propuesta. Adicionalmente se estudiaron las barreras que impiden la difusión de la energía solar térmica, en donde se determinó que los altos costos de los dispositivos son la principal barrera. Posteriormente, se examinaron las políticas implementadas por los diversos países para sobrellevar las barreras de difusión de esta tecnología. Finalmente bajo este contexto, se realizó un análisis del desarrollo de la energía solar térmica para calentamiento de agua en el país, para lo cual se utilizó la información recopilada durante las entrevistas a los propietarios de empresas comercializadoras y fabricantes de paneles solares térmicos a nivel local, y a personal del MEER. Este análisis permitió conocer la oferta de SST que existen en el país y los proyectos que se han implementado por parte de gobierno para difundir la utilización de este tipo de tecnología. Cabe recalcar que para la realización de esta parte de la investigación se recopiló información de las publicaciones realizadas por los centros de investigación mundial de este tipo de tecnología por ser un tema que se encuentra en construcción.

Por último, una vez recopilada esta información, mediante un análisis cuantitativo minucioso realizado durante el análisis costo-beneficio, se determinaron los beneficios y costos que tendría la propuesta tanto para el Estado como para los consumidores. Finalmente, se evaluó la propuesta para determinar si la misma es viable o no, tomando en cuenta los criterios de Kaldor-Hicks, eficiencia y equidad.

## ***Fundamentos teóricos***

La presente investigación se centró en el análisis de viabilidad de sustitución entre dos fuentes de energía que son el GLP y los paneles solares térmicos. La propuesta consiste en implementar un tipo de energía renovable, como la energía solar térmica, mediante un incentivo económico, por lo que es fundamental partir conociendo las fuentes de energía existentes, cómo el pensamiento económico incorpora las problemáticas ambientales y de los recursos naturales a su análisis; y que herramientas de política utiliza para implementarlas.

Por otra parte, para poder evaluar la propuesta correctamente, fue necesario tener en cuenta los fundamentos teóricos que envuelven el análisis costo-beneficio, como el bienestar social y los criterios de eficiencia y equidad, todo esto con el objetivo de determinar si la propuesta a realizarse es conveniente desde el punto de vista social.

### ***Fuentes de energía***

La física define a la energía como la capacidad de producir un trabajo. Así como las plantas deben adquirir energía del sol, los seres humanos deben también utilizar energía para satisfacer sus necesidades de consumo (Wallace, 1995:810). Sin embargo no es la energía en sí misma la que tiene valor para las personas sino los servicios que presta, por esta razón la economía requiere energía para su funcionamiento y la tendencia mundial muestra crecimiento de la demanda energética conforme crece la economía (Castro, 2011:17).

El sistema energético está conformado por dos sectores: la oferta energética y la demanda energética. La demanda energética no es más que el consumo energético humano, el cual ha crecido a través de la evolución del ser humano. El hombre en sus inicios fue cazador y recolector, y sus fuentes energéticas fueron los vegetales y animales con los que compartía su hábitat; en este tiempo su consumo energético era de 2.000 Kcal/día que correspondía al fuego que usaba para calentarse, cocinar, etc. Por el contrario, a finales del siglo XX, el consumo energético de una persona era de 230.000 Kcal/día correspondiente a la satisfacción de un sinnúmero de necesidades (Vásquez, 1993). Por otra parte, la oferta energética engloba procesos que van desde la extracción o uso de recursos para generar energía (por ejemplo petróleo, gas, carbón, agua), la conversión de éstos a formas más útiles y valiosas de esta (electricidad, gasolina) y la entrega o transmisión a los usuarios finales (Rogner y Popescu, 2000; citado en Castro, 2011:17).

El sistema energético o matriz energética se encuentra movido por la demanda de los servicios energéticos, pero la disponibilidad de energía y flujos energéticos está determinada por los recursos y procesos de conversión existentes, llamados fuentes de energía. Existen dos fuentes de energía: las no renovables y las renovables. Es fundamental entender las características de cada una de estas fuentes, ya que el objetivo de la presente disertación es sustituir una por otra para generar ahorro de recursos y fomentar un desarrollo sustentable en el país.

## Energías no renovables

Las energías no renovables se pueden definir como las energías obtenidas de recursos no renovables, es decir, de recursos que existen en cantidades limitadas en el planeta, los cuales una vez que son consumidos en su totalidad no pueden ser sustituidos ni renovados (Valdivia, Granillo & Villareal, 2003).

Las fuentes de energía no renovable se clasifican en combustibles fósiles y en energía nuclear:

### Combustibles fósiles

Los combustibles fósiles han promovido durante el siglo XX el desarrollo económico, industrial y social de la humanidad. A nivel mundial, este tipo de combustibles representan, cerca del 90% de los energéticos totales. De esta cantidad, el 50% corresponde al petróleo, 28% al carbón y 22% al gas natural. (Valdivia et al, 2003:520)

**Petróleo:** Es un hidrocarburo del cual se obtienen combustibles como la gasolina, diesel, gas y subproductos como solventes, plásticos, fibras sintéticas, fertilizantes, parafinas y grasas. El petróleo en estado natural es un fluido verdoso, pardo o negro que se origina por la descomposición de materia orgánica vegetal y animal sepultada en sedimentos de arcilla y fango de épocas geológicas pasadas. Se encuentra en el subsuelo, formando grandes depósitos que, sin embargo, se han explotado de manera intensiva desde mediados del XIX. Puesto que el petróleo es un recurso no renovable, se calcula que al ritmo de consumo actual, las reservas podrán explotarse sólo por algunas décadas más. (Valdivia et al, 2003:520)

**Carbón:** Es un combustible fósil de diferente valor energético según su antigüedad. El de mayor poder calorífico es la antracita, seguida de la hulla, el lignito y la turba. (Valdivia et al, 2003:520)

**Gas natural:** Está compuesto principalmente por el gas metano y, en forma natural, se le encuentra asociado al petróleo. (Valdivia et al, 2003:520)

### Energía nuclear

La energía nuclear se deriva de la colisión entre las moléculas de ciertos átomos, como los de uranio, por ejemplo, con neutrones. Como resultado del impacto, las moléculas de uranio se hacen inestables y explotan, en un proceso llamado fisión, liberando calor, que es utilizado para generar electricidad. (Valdivia et al, 2003:523)

## Energías renovables

La energía renovable puede definirse como la energía obtenida de los continuos flujos energéticos que existen en el ambiente natural, es decir, de flujos energéticos que son repuestos al mismo ritmo al cual son utilizados (Castro, 2011:44). La fuente primaria de casi todas las energías existentes en la tierra es la energía solar, la cual será analizada con mayor amplitud a continuación, por ser la energía renovable a implementarse en la presente investigación.

Las fuentes de energía renovable se clasifican en solar, de uso solar indirecto y no solar:

## Energía Solar

La energía solar es la energía que se obtiene mediante la captura de la radiación electromagnética procedente del sol. La característica principal de la energía solar es que es una fuente de energía abundante, tanto que en una hora toda la energía solar interceptada por la Tierra es superior al consumo mundial de energía durante un año entero. En este sentido, la energía solar tiene un gran potencial en la mitigación del cambio climático, debido a que el uso directo de la energía solar produce una cantidad muy pequeña de gases de efecto invernadero (la mayoría en la fabricación de sus dispositivos) y tiene el potencial para desplazar grandes cantidades de combustibles provenientes de energía no renovables. (IPCC, 2012: 340).

La energía solar tiene un amplio rango de aplicaciones en el servicio energético: iluminación, calefacción, agua caliente para edificios e industrias, calefacción de alta temperatura para plantas eléctricas e industria, energía eléctrica mediante la conversión fotovoltaica, producción de combustibles solares. (IPCC, 2012: 340). Las diferentes tecnologías solares se clasifican en tecnologías pasivas y activas.

*Tecnologías pasivas:* son aquellas que absorben la energía solar, la almacenan y la distribuyen de una manera natural sin la ayuda de ningún elemento mecánico, por ejemplo la ventilación natural en un casa, una claraboya que permita la entrada de luz en lugares oscuros, etc. (IPCC, 2012: 344).

*Tecnologías activas* son aquellas que utilizan la radiación solar para almacenarla o convertirla en otros usos por medio de equipamientos mecánicos o eléctricos. Este tipo de tecnología se puede clasificar en: energía solar fotovoltaica, para generación eléctrica; y energía solar térmica, la misma que puede ser utilizada en generación eléctrica y calentamiento de agua o aire (IPCC, 2012: 346).

Por efectos de la presente investigación se enfocará el análisis solamente a tecnologías que envuelvan el uso de energía solar térmica para calentamiento de agua sanitaria en hogares.

### Historia de los usos de la energía solar

La historia de los usos de la energía solar (tecnología solar) empieza en la Antigüedad, cuando las primeras civilizaciones descubrieron que las edificaciones que tenían aberturas que daban al sol eran más cálidas que aquellas a las cuales no les daba el sol, incluso en climas fríos. A finales del siglo XIX, se inventaron colectores solares<sup>1</sup> para calentamiento de agua y otros fluidos, los cuales fueron puestos en práctica para calentamiento de agua en los hogares y aplicaciones en la industria solar, como la desalinización solar a larga escala. También, en este mismo tiempo, se descubrió un dispositivo para convertir la radiación solar en electricidad llamada celda fotovoltaica. (IPCC, 2012: 340).

La era moderna de la investigación solar empieza en la década de 1950 con el establecimiento de la *International Solar Energy Society* y con los esfuerzos en investigación y desarrollo de muchas industrias. Por ejemplo, los avances en la investigación de calentadores solares de agua por compañías como Miromit en Israel y esfuerzos de investigadores, como Harry Tabor del Laboratorio Nacional de Física en

---

<sup>1</sup> El término colector solar es un sinónimo del término panel solar.

Jerusalén, han hecho de la energía solar un método estándar para proveer agua caliente en los hogares de Israel a comienzos de la década de los sesenta. (IPCC, 2012: 340)

Con la crisis del petróleo en la década de los setenta, la mayoría de países elaboran programas de investigación y desarrollo para potenciar la utilización de energía solar, involucrando esfuerzos de las industrias, laboratorios gubernamentales y universidades. A lo largo de los años hasta la actualidad, esta política gubernamental ha persistido, y ha permitido posesionar a la energía solar como la energía renovable de mayor crecimiento y de mayor peso en el escenario energético mundial (como se analizará en la segunda parte de la investigación). (IPCC, 2012: 340)

### **Energías renovables de uso solar indirecto**

Las fuentes de energía renovable de uso solar indirecto son la hidroelectricidad, eólica, energía de las olas y bioenergía o biomasa:

**Hidroelectricidad:** La energía hidroeléctrica es derivada indirectamente del sol puesto que el ciclo hidrológico de evaporación, transpiración y precipitación es movido por el sol en la Tierra. Este ciclo hidrológico permite que continuamente el agua fluya a través de los ríos y, de esta manera, se configure la posibilidad de utilizar dicha energía para hidroelectricidad. La hidroelectricidad se basa en la energía potencial de una caída de agua y un caudal determinado. (Alexander y Boyle, 2004; citado en Castro, 2011:44)

**Energía eólica:** Históricamente, la energía del viento ha sido utilizada especialmente en molinos y barcos; pero el nuevo énfasis consiste en utilizarla para la generación eléctrica. La energía eólica puede ser producida con generadores de viento que consisten en turbinas ubicadas a cierta altura y conectadas a un generador eléctrico. (Castro, 2011:45)

**Energía de las olas y mareas:** Apenas desde 1970 surgieron esquemas tecnológicos viables para aprovechar la energía del movimiento y caída de las olas en el mar. Las olas se originan a través de mecanismos complejos físicos cuando el viento pasa por encima del océano, la interacción origina olas con una frecuencia determinada. La tecnología para aprovechar esta fuente de energía consiste en una estructura que reacciona de manera apropiada a las fuerzas aplicadas por las olas. En los varios diseños existentes lo fundamental es una estructura central y estable con una parte activa la cual fluctúa respecto de la estructura bajo el golpe de las olas. Así, la energía cinética de las olas se transforma en energía mecánica y con un generador eléctrico adjunto a la estructura central, la energía mecánica se transforma a electricidad, análogamente al funcionamiento de una turbina (Duckers, 2004; citado en Castro, 2011:46).

**Bioenergía:** La bioenergía es el término genérico para la energía que se deriva de materiales como la madera, residuos vegetales agrícolas, desechos animales y otros que constituyan material orgánico vivo. La bioenergía se obtiene de la biomasa, es decir el material orgánico que realiza la captura y almacenamiento de la energía solar a través de la fotosíntesis. La bioenergía consiste en convertir esta biomasa a formas útiles de energía como calor, electricidad y combustible líquidos (e.g. etanol, biodiesel) (Kammen, 2004; citado en Castro, 2011:47).

### **Energías renovables no solares**

La única fuente de energía renovable no solar es la energía geotérmica:

**Energía geotérmica:** Esta fuente de energía puede considerarse como la única independiente del sol puesto que proviene del interior de la Tierra. El recurso está presente en toda su superficie. Sin embargo,



los mayores potenciales existen en aquellos sitios donde el calor proveniente del interior de la Tierra para obtener electricidad se encuentra lo suficientemente concentrado como para generar aguas termales o vapor. La tecnología para explotar este recurso en la generación eléctrica es similar a las técnicas de perforación de pozos utilizadas en la industria petrolera. Esto consiste en perforar uno o más hoyos en el sitio que contiene confinados el agua o vapor calentado por el magma de la tierra, para dirigir o extraer este fluido a la superficie y utilizarlo para mover una turbina, unido a un generador y entonces producir electricidad (Brown y Garnish, 2004; citado en Castro, 2011:50).

Por lo tanto, el potencial que poseen las energías renovables es gigantesco puesto que la energía existente en ellas puede cubrir varias veces la actual demanda de energía mundial, un hecho que apoya esta afirmación es la cantidad de radiación que irradia el sol en la tierra en un año es 7.500 veces mayor que el consumo energético mundial anual (Castro, 2011:44). Por esta razón, las energías renovables son uno de los elementos más importantes a la hora de mitigar el problema del cambio climático, el cual se detallará a continuación.

## ***Problema del cambio climático***

En la actualidad, todas las personas están preocupadas por el deterioro del medio ambiente global principalmente por los efectos del calentamiento global, tanto en los distintos ecosistemas como en los seres humanos. Bajo esta premisa, el problema del cambio climático es una de las razones que impulsan a los gobiernos a usar energías renovables amigables con el medio ambiente para sustituir sus matrices energéticas dependientes de energías no renovables como los combustibles fósiles y es también una de las razones que justifican la realización de la presente disertación. Por esta razón es importante entender la problemática del calentamiento global, sus principales implicaciones y algunas medidas para hacer frente al problema.

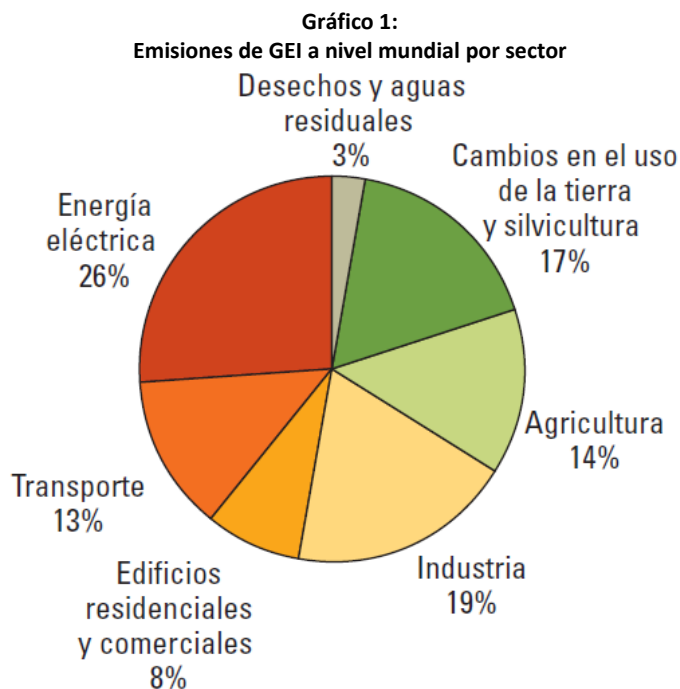
El sistema climático del planeta tierra está constituido por cinco componentes: atmósfera, hidrósfera, criósfera, litósfera y biósfera. El clima es el resultado de las interacciones entre los cinco subsistemas. El motor del sistema, la única fuente significativa de energía es la radiación procedente del sol. Una parte de esta energía es capturada por la superficie terrestre y otra es reflejada hacia el exterior. Para establecer un equilibrio energético, el planeta debe emitir tanta energía como la que absorbe del sol, por lo que, la atmósfera es prácticamente transparente, permitiendo la no absorción de la radiación solar; sin embargo, la radiación emitida por la superficie terrestre, sí es absorbida y emitida a su vez por los componentes atmosféricos. A este fenómeno se le ha llamado efecto invernadero natural y provoca un calentamiento de la atmósfera en sus capas bajas permitiendo que la temperatura de la tierra sea de 14°C. (Observatorio Medio Ambiente, 2012)

Desde inicios de la Revolución Industrial, pero de forma muy acelerada desde 1950, el hombre está aumentando la cantidad de GEI<sup>2</sup> en la atmósfera originando un forzamiento radioactivo que intensifica el mismo. La fuente principal del aumento de la cantidad de estos gases es la quema de combustibles fósiles y la destrucción de hábitats naturales en todo el planeta. La creciente emisión de GEI en la atmósfera ocasiona que parte de la radiación de onda larga que emite el planeta no salga al espacio sino retorne al mismo calentando su superficie. (Castro 2011: 30)

---

<sup>2</sup> Los principales GEI son: el dióxido carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O) y los clorofluorocarbonos (CFC).

La creciente concentración de GEI en la atmósfera ha originado un aumento de la temperatura media global de 0,8°C en comparación con el período previo al inicio de la Revolución Industrial (World Bank: 2010). En la actualidad, el primer sector, a nivel mundial, responsable de la emisión de GEI es el suministro de electricidad (26%), el segundo la industria (19%), el tercero la silvicultura (incluye deforestación) (17%), el cuarto la agricultura (14%), y quinto el transporte (13%), tal como lo indica la gráfico 1. La contribución de los combustibles fósiles a la emisión de GEI es de casi 72%, se encuentra dispersa en varios sectores: electricidad, industria, transporte, agricultura. Sus emisiones combinadas son la principal fuente de GEI. (IPCC: 2012).



**Fuente:** World Bank, Desarrollo y Cambio Climático, 2010

**Elaboración:** World Bank

Aunque el problema es de naturaleza global, sus efectos sobre los seres humanos y los ecosistemas serán muy diferentes en cada país y región. Una elevación del nivel del mar tendría, por ejemplo, efectos devastadores sobre las sociedades que viven en las islas del Pacífico o en las deltas de los ríos, pero menores en aquellos países donde el desarrollo se pueda redirigir hacia regiones interiores. El anegamiento mundial de las zonas costeras más bajas tendría repercusiones importantes sobre las reservas pesqueras y, por lo tanto, sobre las sociedades que dependen de estos recursos. Los diversos ecosistemas y especies de plantas y animales se verán afectados no sólo por la magnitud de los cambios, sino también porque se producirán a un ritmo muy rápido para los cánones normales de la evolución. En las edades de hielo del pasado, la lentitud de los cambios climáticos permitió que ciertas plantas y animales pudieran adaptarse y sobrevivir; pero el efecto invernadero actual provocará cambios tan veloces que muchos organismos pueden ver superada su capacidad de adaptación a la transformación de sus hábitats. El fenómeno también someterá a grandes presiones a las especies que ocupan nichos

ecológicos estrechos, ya que los hábitats de los que dependen puedan quedar destruidos como consecuencia de cambios muy pequeños. (Field y Field 2003: 487).

Por estas razones es fundamental combatir el cambio climático, a través de la mitigación de GEI para evitar daños irreversibles y no sobrepasar los puntos de inflexión del sistema de la Tierra. Según un informe del Banco Mundial sobre el Desarrollo y Cambio Climático (World Bank, 2010), los países en desarrollo serán los más vulnerables, ya que aproximadamente soportarían entre el 75% y el 80% del costo de los daños provocados por la variación del clima. Un calentamiento de 2°C por encima de las temperaturas preindustriales podría generar en África y Asia meridional una reducción permanente del PIB de entre el 4% y el 5%. La mayor parte de los países en desarrollo carecen de la capacidad financiera y técnica suficiente para manejar el creciente riesgo climático, ya que dependen en forma más directa de recursos naturales sensibles al clima para generar sus ingresos y su bienestar.

Por otro lado, es improbable que el crecimiento económico por sí solo sea lo suficientemente rápido o equitativo para contrarrestar las amenazas derivadas del cambio climático, en particular si continua el elevado nivel de intensidad del carbono y se acelera el calentamiento mundial (World Bank, 2010). En consecuencia, la política económica tradicional no puede presentarse como una opción entre crecimiento y cambio climático, la misma debe exhibirse como una política que propicie el desarrollo, reduzca la vulnerabilidad y permita financiar la transición hacia caminos con niveles más bajos de emisión de carbono; tal como se plantea la propuesta de la siguiente investigación. Dado el problema que significa para la humanidad el cambio climático, se han desarrollado a nivel mundial distintas alternativas de generación de energía que respondan a esta necesidad de reducir las emisiones de GEI, una de estas alternativas desarrolladas es la energía solar térmica, la misma que se propone usar como sustituto al GLP en esta investigación.

## ***Desarrollo sustentable***

La Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente Humano de 1972, reflejó importantes cambios en la percepción social sobre los fundamentos y las consecuencias del crecimiento económico en el agotamiento y deterioro de los recursos naturales y ambientales. La reflexión llevada a cabo en esta conferencia desencadenaría en el surgimiento de la necesidad de un crecimiento económico compatible con la conservación de la base de recursos y que no fuese acompañado de amenazas para la calidad de vida y la salud de la población derivadas del deterioro ambiental, lo que años más tarde se denominará desarrollo sustentable. (Labandeira, León & Vásquez , 2007:20)

El concepto de desarrollo sustentable fue desarrollado en el Informe Brundtland (1987) por la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo creada por la ONU, presentó su informe “*Our Common Future*”, en el cual abordaba por primera vez los conflictos entre desarrollo y medio ambiente. Este informe estableció que el desarrollo sustentable “es aquel desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades” (WCED, 1987:43).

Esta definición utiliza el término “necesidades” para enfatizar la obligación de abordar prioritariamente la solución al problema de la pobreza, del acceso a ciertos recursos económicos, ambientales y sociales mínimos. Por esta razón, el objetivo del desarrollo sustentable es más amplio que el de alcanzar una mínima renta per cápita, porque el derecho a una adecuada calidad de la atmósfera y el agua, y a una provisión adecuada de servicios sociales, entre otros, formarían parte de las necesidades fundamentales que el desarrollo debe satisfacer (Labandeira et al, 2007:27). Esto implica que el desarrollo sustentable no es únicamente un concepto de eficiencia en el uso de los recursos sino también de equidad, con una doble implicación en ese sentido:

- Equidad intrageneracional: La satisfacción de las necesidades de la generación actual es premisa imprescindible para alcanzar el desarrollo sustentable global, independiente de la localización geográfica. Ello requiere solución a los problemas de pobreza en los países en vías de desarrollo y, por tanto, la redistribución geográfica de la riqueza y el progreso. (Labandeira et al, 2007:27).
- Equidad intergeneracional: El desarrollo sustentable es un concepto dinámico y, por ello, el legado de recursos para la siguiente generación ha de ser, al menos, igual que el disponible para la generación actual. (Labandeira et al, 2007:27).

La economía ortodoxa plantea una versión restringida del desarrollo, en la cual el desarrollo se define en función del nivel y de evolución del PIB o del consumo per cápita. La versión más moderna y amplia del desarrollo incluye otros objetivos de tipo social y ambiental, además de la renta o capacidad de consumo, y trata de aproximarse al concepto de calidad de vida. Siendo de esta manera el desarrollo sustentable un desarrollo socialmente deseable, ambientalmente factible y económicamente viable. (Labandeira et al, 2007:28)

Tomando en cuenta, todos los conceptos que envuelven el término desarrollo sustentable, el tema a tratar en esta disertación está relacionado directamente con el mismo, debido a que se propone sustituir un tipo de energía proveniente de un recurso no renovable como son los combustibles fósiles (específicamente el GLP), por un tipo energía proveniente de un recurso renovable como es la energía solar térmica, la cual no compromete ambientalmente al país (mitiga el problema del cambio climático), permitiendo, de esta manera, que las generaciones futuras satisfagan sus necesidades. Por esta razón es primordial entender el papel que juega la política pública al momento de fomentar un desarrollo sustentable en el país, tema a analizarse en la siguiente sección y fundamental para el desarrollo de esta investigación.

## ***Desarrollo sustentable y política pública***

Debido a que la propuesta se centra en ofrecer un incentivo económico, como un subsidio, a los habitantes del DMQ que utilizan calefón a gas, para que lo sustituyan por energía solar térmica para calentamiento de agua; es necesario conocer las circunstancias por las cuales el Estado debe intervenir en el funcionamiento de la economía, y particularmente en esta propuesta por qué el Estado debe intervenir para incentivar el consumo de paneles solares térmicos.

## Fallos de mercado

Stiglitz (2003:91) plantea que la intervención del sector público en la economía se justifica cuando la misma no asigna eficientemente los recursos a la sociedad, es decir, cuando la asignación de recursos no es eficiente en el sentido de Pareto<sup>3</sup> la economía enfrenta un fallo de mercado. La causa principal por la que existe fallos de mercado es que los resultados de los mercados no son satisfactorios para la sociedad. Esta insatisfacción se deben en parte, a que “nadie está contento con su suerte”: a la gente le gusta pensar que hay formas de organizar la economía que podrían mejorar su bienestar. Esto en parte es real: a menudo parece que los mercados producen una cantidad excesiva de unas cosas, como la contaminación del aire y del agua, y demasiado poca de otras, como ayuda a las artes o a la investigación sobre las causas del cáncer.

Existen seis principales fallos de mercado:

1. Los fallos de la competencia: para que los mercados sean eficientes en el sentido de Pareto, tiene que haber competencia perfecta, es decir, ha de existir un número suficientemente grande de empresas que crean que cada una de ellas no puedan influir en los precios. Por lo tanto, cuando una empresa de un determinado sector pueda influir en los precios por su gran cuota de mercado, los bienes y servicios que ofrezca ese sector de la economía serán ineficientes en el sentido de Pareto. (Stiglitz 2003: 92)
2. Los bienes públicos: Los bienes públicos pueden ser puros e impuros, los primeros satisfacen dos características: a) no exclusión: no es posible o es muy costoso excluir a los agentes del bien; b) no rivalidad: el consumo de un bien por un individuo no disminuye la cantidad disponible para los demás, siendo posible el consumo simultáneo de un mismo bien por varios agentes distintos. Esta última característica es la que diferencia principalmente a los bienes privados de los públicos, ya que al cumplirse esta característica hace indeseable la exclusión a través del sistema de precios (Labandeira et al, 2007:71). El hecho de que los mercados privados no suministren los bienes públicos o los suministren en una cantidad insuficiente justifica muchas de las actividades del Estado. (Stiglitz, 2003:95)
3. Las externalidades: existen dos tipos de externalidades: positivas y negativas. Las externalidades positivas son aquellas en los que los actos de un agente económico benefician a otro; por ejemplo si una persona planta un hermoso jardín sus vecinos se beneficiaran de él al poder contemplarlo. Las externalidades negativas son los actos de un agente económico que perjudican e imponen costes a las otras, por ejemplo cuando una persona fuma en un espacio cerrado perjudica a las personas que se encuentran a su alrededor. (Stiglitz 2003: 96)
4. Los mercados incompletos: siempre que los mercados privados no suministren un bien o un servicio, aun cuando el coste de suministrarlo sea inferior a lo que los consumidores estén dispuestos a pagar, se habla en este caso de la existencia de mercados incompletos, ya que un

---

<sup>3</sup> La eficiencia en el sentido de Pareto plantea que no es posible mejorar el bienestar de ninguna persona sin empeorar el de alguna otra.

mercado completo suministraría todos los bienes y servicios cuyo coste de suministro fuera inferior al precio que los individuos estén dispuestos a pagar. (Stiglitz 2003: 96)

5. Los fallos de la información: algunas actividades del Estado se justifican porque los consumidores tienen información incompleta y por la convicción de que el mercado suministra por sí solo demasiada poca información; por ejemplo los gobiernos suelen exigir que los prestamistas informen a los prestatarios el verdadero tipo de interés de sus préstamos. (Stiglitz 2003: 99)
6. El paro: tal vez e síntoma más admitido de “fallo de mercado” sea el elevado paro, tanto de trabajadores como de máquinas, que ha acosado periódicamente a las economías capitalistas en los últimos años. La mayoría de economistas utiliza estos elevados niveles de paro como prueba *prima facie* de que algo no funciona bien en el mercado. Para algunos, constituyen la prueba más espectacular y más convincente de que éste tiene fallos. (Stiglitz 2003: 101)

Por otro lado, Stiglitz (2003:107) argumenta que aún cuando el mercado sea eficiente en el sentido de Pareto, pueden existir dos razones que justifiquen la intervención del Estado en la economía. El primero es la redistribución de la renta, ya que el hecho de tener una economía que sea eficiente en el sentido de Pareto no dice nada sobre la distribución de la renta; de esta manera los mercados competitivos pueden generar una distribución de la renta muy desigual y dejar a algunos sectores de la población recursos insuficientes para vivir. El segundo argumento, es la provisión de bienes preferentes; este tipo de bienes son aquellos que el Estado obliga a consumir, en muchas ocasiones en contra de las preferencias privadas, basado en el argumento de los individuos no juzgan correctamente los bienes que consumen (a pesar de estar bien informados), lo que justifica las reglamentaciones que restringen el consumo de algunos bienes (como las drogas) y la provisión pública de otros (como la educación elemental).

A estas dos razones se le debe sumar que la intervención del sector público en la economía puede tener fallos, en el sentido, de que los programas sociales implementados para corregir un fallo de mercado, distribuir la renta o proveer de un bien preferente, no cumplan con las expectativas con las cuales fueron implementadas. Este es el caso del subsidio al GLP en el Ecuador, el cual fue creado como el objetivo de redistribuir la renta hacia los sectores más vulnerables del país, sin embargo el mismo por tener un consumo generalizado no ha cumplido con el objetivo con el que fue creado, ya que como se analizará más adelante, este subsidio ha beneficiado a los sectores más ricos de la población. Por esta razón, la propuesta de la presente disertación se centra en brindar a los habitantes del DMQ, que consumen GLP en calefón, la alternativa de adquirir paneles solares térmicos para sustituir el consumo de este último y, de esta manera, destinar el consumo de GLP solamente a su uso doméstico.

## **Intervención estatal en el mercado de las energías renovables**

Recientemente se mencionó que la intervención del Estado en el funcionamiento de la economía estaba justificada por la existencia de fallos de mercado, los cuales hacen que los recursos no sean asignados eficientemente en la sociedad. La existencia de fallos de mercado se debe (en muchas ocasiones) a la no consideración de la gestión ambiental en el análisis económico; siendo este el caso del sector energético en el Ecuador.

En el país, el sector energético es considerado uno de los sectores estratégicos, por esta razón, el Estado es el único ente que se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar el mismo. Este sector es clave para la generación de ingresos fiscales por la significativa disponibilidad de hidrocarburos existente en el país, sin embargo esta disponibilidad de recursos no renovables no ha sido gestionada en un marco de desarrollo sustentable, por ende se ha mantenido, desde la década de los setenta, una matriz energética dependiente de los combustibles fósiles (Castro, 2011:57), en donde las energías renovables (como la solar térmica) no han tenido cabida.

Ante este panorama, la intervención del sector público en el mercado de energías renovables, se justifica por dos fallos de mercado: la imperfecta apropiación de los beneficios de la innovación y los costes externos por la quema de combustibles fósiles. El primer fallo hace referencia a la inversión en investigación y desarrollo, innovación, difusión y adaptación que hacen las empresas para fomentar el uso de energías renovables, de esta forma, si las empresas subestiman, o si no se pueden apropiar de los potenciales beneficios que traería la inversión en este tipo de tecnologías, las empresas simplemente dejarían de realizar este tipo de inversiones, con lo cual el desarrollo de este tipo de tecnología decaería. El segundo fallo hace referencia al daño ambiental causado por la contaminación que genera la quema de combustibles fósiles, la cual no se encuentra internalizada en los costos de operación de las empresas (IPCC, 2012:872).

A este análisis se suma el hecho de que la calidad ambiental puede ser considerada como un bien público<sup>4</sup>, por lo que la intervención estatal es necesaria para la suministración del mismo, ya que el sector privado lo realizaría ineficientemente. Para desarrollar este último punto tomemos en cuenta el siguiente ejemplo: Supongamos que a la orilla de un pequeño lago de agua dulce hay tres casas cuyos habitantes usan el lago con fines recreativos, pero por desgracia, una vieja fábrica ya cerrada ha contaminado el agua. Cada uno de los propietarios está dispuesto a pagar una cierta suma de dinero a cambio de tener un lago sin contaminación. Supongamos también que una empresa privada intenta vender sus servicios de limpieza del lago a los habitantes alrededor del mismo. ¿Tendrán los habitantes del lago los incentivos para revelar su verdadera disposición a pagar por la limpieza del mismo? Seguramente no, debido a que todos los habitantes sabrían que acabarían beneficiándose de sus servicios, independientemente de que contribuyeran o no a costearlos, no tendrían ningún incentivo para pagarlos voluntariamente. La renuencia de la gente a contribuir voluntariamente a la financiación de los bienes públicos se denomina problema del polizón<sup>5</sup>, y es una de las principales razones por las que el sector privado no provisiona, o si lo hace una cantidad insuficiente de bienes públicos. Finalmente esta es una de las razones por las cuales el Estado suministra estos bienes, ya que tiene el poder para obligar a la gente a contribuir a financiarlos, mediante impuestos, subsidios, entre otros; tal como se realizará en la propuesta del presente trabajo.

---

<sup>4</sup> La calidad ambiental es en esencia un bien público porque cumple con las características de no exclusión y de no rivalidad, ya que es imposible impedir que los consumidores disfruten de sus beneficios y el coste marginal de suministrar el bien a una persona más es cero; por ejemplo, si los niveles de CO<sub>2</sub> del aire de una ciudad reducen para una persona, se reducirán automáticamente para todos sus habitantes.

<sup>5</sup> Polizón o parásito es una persona que paga por un bien menos que lo que indica su verdadera disposición a pagar marginal; es decir, alguien que no paga o paga poco en relación con los beneficios que obtiene. (Field y Field 2003: 88).

## **Tipos de políticas ambientales a implantarse**

Una vez conocidos los fallos que posee el mercado de energías renovables, el Estado cuenta con dos maneras de intervenir. La primera consiste intervenir directamente en la corrección de algún desequilibrio ambiental, invirtiendo sus recursos en este cometido; por ejemplo realizando determinados proyectos públicos como el tratamiento de residuos. La segunda consiste en que la intervención pública trate de modificar el comportamiento de los agentes que causan la degradación ambiental utilizando medidas (incentivos) que introduzcan un mayor grado de coerción (Azqueta, 2007: 287). Por efectos de la presente investigación, el análisis se enfocará en la segunda manera de intervención estatal, la misma que se clasifica en dos grandes grupos: las basadas en la normativa y los denominados instrumentos económicos.

### **Medidas basadas en la normativa**

Azqueta (2007:287) plantea que estas medidas son basadas en el enfoque de regulación y control, por lo cual suponen la imposición, por parte de la autoridad competente, de una determinada normativa que afecta a todos los agentes implicados por igual. El elemento esencial que caracteriza a esta medida de regulación es la alteración del conjunto de opciones que enfrentan los agentes económicos, por ejemplo mandatos de construcción que incluyan la puesta en marcha de tecnologías renovables, como paneles solares térmicos.

Estas normas pueden ser de distintos tipos (Azqueta, 2007:287-288):

**Estándares sobre productos:** En este caso, el administrador público regula diversos aspectos de algunos bienes que tienen influencias sobre el medio ambiente. Esta regulación puede tomar la forma de una prohibición de su uso y consumo (por ejemplo, el amianto); del establecimiento de unos topes máximos con respecto al uso de determinadas sustancias en la composición del producto (plomo en la gasolina y en las pinturas, mercurio y etileno en los pesticidas, PVC en los juguetes, arsénico en los textiles). Pueden, asimismo, versar sobre sus características de eficiencia energética: automóviles (km recorridos por litro de combustible), electrodomésticos (consumo de agua o energía eléctrica); o emisiones: automóviles, maquinaria de construcción y de obras públicas (ruido, gases).

**Normas sobre utilización de recursos naturales:** En este grupo se contemplarían todas aquellas normas que regulan el acceso, la captación y la utilización de determinados recursos naturales, tanto renovables como no renovables: prohibición de utilizar productos vírgenes (madera, por ejemplo), cuotas de captura de pesca, etc.

**Estándares que regulan procesos productivos:** En este caso, el regulador actúa sobre el proceso de producción de un bien o servicio determinado, restringiendo o prohibiendo el uso de determinados insumos productivos; limitando las emisiones al medio atmosférico, hídrico, o al suelo. Destacan en este epígrafe tanto la fijación de determinados estándares como la obligación de adoptar la llamada “mejor tecnología disponible”, económicamente factible. Cabría asimismo en este epígrafe la obligación de reciclar o valorizar energéticamente un determinado porcentaje de los residuos generados.

**Normas de planificación y ordenación del territorio:** El regulador reglamenta el tipo de actividades que se pueden desarrollar en un determinado territorio y las condiciones bajo las que pueden llevarse a cabo: zonificación, normas sobre edificación, actividades permitidas en un determinado entorno, niveles de ruido, delimitación de áreas para la extracción de determinados recursos, etc.



Por último las medidas basadas en la normativa buscan garantizar la eficacia en la consecución de objetivos ambientales, aunque no se tome en cuenta la eficiencia con la que se consiguen los mismos.

### **Los instrumentos económicos**

Los instrumentos económicos tienen la característica fundamental, a diferencia de las medidas basadas en la normativa, permiten al agente afectado elegir entre degradar el medio, pagando un precio por ello; o en su caso, no hacerlo y recibir una recompensa económica por ello (Azqueta, 2007:288).

Esta medida se puede agrupar en tres grandes grupos (Azqueta, 2007:288-289):

**Instrumentos basados en la actuación vía precios:** La esencia de estos instrumentos es la introducción de un precio ligado a una conducta que se quiere favorecer o desestimar: el agente puede contaminar, pero paga por ello; introduce una tecnología menos contaminante, y recibe a cambio una subvención. Destacarían entre ellos:

- Impuestos, cánones y tasas: a las emisiones de sustancias contaminantes; a la utilización de determinados insumos; o al consumo de determinados productos; por el vertido de sustancias; por los servicios prestados; sobre productos; o simplemente administrativos.
- Subsidios: que pueden tomar la forma de subvenciones, créditos blandos o desgravaciones fiscales.
- Sistemas de consignación y depósito: que tratan de reducir la generación de residuos, a través de los incentivos a su recogida controlada.
- Sistemas que estimulan un comportamiento respetuoso con el medio ambiente: los gravámenes de no cumplimiento, que penalizan la transgresión de determinados límites, y los depósitos de buen fin, que se entregan a las autoridades competentes como garantía de cumplimiento de las exigencias ambientales.

**Instrumentos basados en la creación de mercados:** En segundo lugar, el administrador público puede establecer determinadas reglas del juego con respecto a la calidad ambiental, y dejar que surjan a continuación los mercados correspondientes, para que los agentes afectados ajusten su conducta:

- Por un lado, el mercado puede surgir debido a que el regulador introduce un racionamiento vía cantidad. En este caso, fija los niveles máximos de emisión admisibles de una determinada sustancia contaminante, en un área específica, y permite que los agentes negocien entre ellos con los permisos que él previamente ha distribuido. Son los llamados permisos de emisión negociables.
- Puede asimismo intervenir en mercados nuevos, o ya existentes, para mantener o estabilizar el precio de algunos productos clave, como, por ejemplo, los efluentes reciclables.
- Finalmente, la propia labor del regulador puede propiciar la aparición o consolidación de un mercado de gran importancia: el de los seguros ambientales.

Existe un abanico de posibilidades bastante amplio de alternativas que se pueden utilizar para corregir los fallos de mercado de las energías renovables, sin embargo es fundamental que la herramienta a escogerse cumpla con requisitos de eficiencia y equidad durante su puesta en marcha. Este último punto que implica la evaluación de la política ambiental (propuesta), se desarrollará con amplitud en la siguiente sección.

A continuación se explicará por qué se escogió un instrumento económico como los subsidios, específicamente las subvenciones, para ser implementado en la propuesta, desde un punto de vista microeconómico.

### **El subsidio como incentivo a utilizarse desde un punto de vista microeconómico**

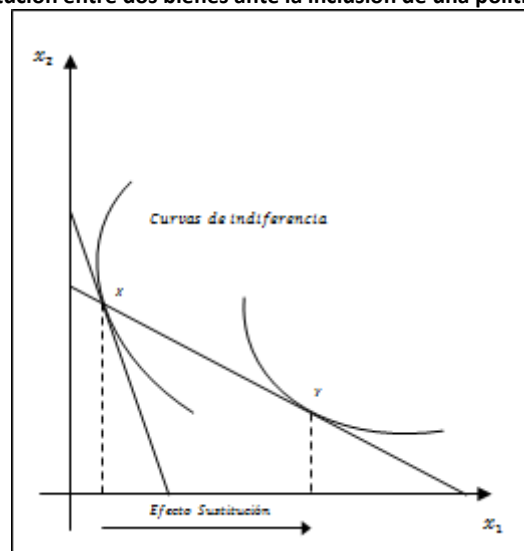
Como se aludió anteriormente, una de las razones por las que el Estado interviene en la economía es para redistribuir la riqueza. Hay instantes en donde el sector público (realizando un análisis estático y basado en la lógica del Estado como observador imparcial de la economía), observa que en la sociedad hay más gente rica que otra, y donde hay personas que producen muchos de los bienes que necesitan y otros que no llegan a un mínimo de subsistencia. Bajo este análisis, el gobierno de un país plantea una serie de políticas correctivas, que consisten en instrumentar mecanismos de transferencias involuntarias desde aquellos que poseen más recursos hacia aquellos que tienen menos, con el objetivo de transferir la riqueza a los sectores más vulnerables. Bajo este sentido surgen los subsidios o transferencias directas. (Villacreses, 2008)

Un subsidio es una transferencia estatal de carácter económico que tiene como objetivo estimular el consumo o la producción de un bien o servicio. La justificación del subsidio es de carácter político porque se desea redistribuir la riqueza hacia los sectores más vulnerables, en este sentido se busca modificar la asignación del mercado y por lo tanto introducir distorsiones que constituyen un costo en términos de eficiencia económica, desde el punto de vista neoclásico. (Villacrés, 2008:30)

Desde un punto de vista microeconómico, la implementación de un subsidio para estimular el consumo de un bien, en este caso los paneles solares térmicos, tendría las siguientes implicaciones:

Se partirá de una situación en la que existen dos tipos de bienes  $X_1$  y  $X_2$ , cuyos precios son  $PX_1$  y  $PX_2$  respectivamente; en donde un individuo particular posee una restricción presupuestaria  $m$  y su utilidad se encuentra en función del consumo de los bienes. Si el gobierno implementa una política subsidiaria en la que se realiza una subvención al consumo del bien  $X_1$  provocará que el  $PX_1$  sea menor que  $PX_2$  con lo cual el individuo podrá consumir una mayor cantidad del bien  $X_1$  tal como lo indica la gráfica 2.

**Gráfico 2:**  
**Efecto sustitución entre dos bienes ante la inclusión de una política subsidiaria**



**Fuente:** Varian, Microeconomía Intermedia

**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez

Lo que provocó la subvención al bien  $X_1$  es que existan cambios en los precios relativos en la economía, generando efectos sobre el consumo del bien  $X_1$  trayendo consigo una mayor necesidad de producir el bien  $X_1$  dejando de producir otros bienes, siendo este un efecto sustitución. Este ejemplo en el cual el Estado induce a un efecto sustitución y no un ingreso solo crea una desviación en el consumo, que a la larga generará cambios en el bienestar de la sociedad. (Villacrés, 2008)

Lo que se busca con la implementación de un subsidio a los paneles solares térmicos, es incentivar el consumo de este último para sustituir el consumo ineficiente de GLP en el calefón. Con este subsidio se busca corregir el fallo del Estado en la implementación de un subsidio al GLP para un consumo generalizado y por otra parte se busca incentivar el mercado de energía solar térmica para calentamiento de agua en el país, propósito que va de la mano con los planes del gobierno ecuatoriano de diversificar la matriz energética en el Ecuador.

Para lograr este cometido se necesita que el subsidio a los paneles solares cumpla con las siguientes características que se las atribuyen a los subsidios efectivos (Villacreses, 2008:4):

- 1) *Transitoriedad*: los subsidios deben otorgarse solamente mientras dure la condición que dio origen al subsidio, de lo contrario se estarían destinando recursos a personas que no lo necesiten.
- 2) *Focalización*: los subsidios deben ser canalizados directamente a las personas necesitadas e identificadas como potenciales receptoras.
- 3) *Eficiencia*: este principio implica que las transferencias deben ser progresivas, además este principio envuelve que los mismos deben contar con mecanismos de administración y control baratos.
- 4) *Económicamente factible*: teniendo en cuenta la escasez de los recursos públicos y las múltiples necesidades de la población, el financiamiento del subsidio no debe comprometer la sostenibilidad fiscal.

Estas características sirven como una manera de evaluar el subsidio a implementarse, sin embargo la evaluación de una política pública implica muchas más circunstancias a tomar en cuenta (las cuales se analizarán en la siguiente sección).

## ***Análisis costo-beneficio***

Uno de los problemas comunes en la economía y en toda la sociedad, es buscar la manera de asignar los recursos escasos entre sus mejores usos alternativos. Esta es la problemática central de la ciencia económica y constituye la justificación básica de la evaluación de proyectos y políticas. (Castro & Marie, 1996:32)

La Economía del Bienestar es una rama de la economía que se ocupa de cómo debe gestionarse la misma, es decir, trata de dar recomendaciones de criterios para resolver problemas de la mejor asignación de los recursos escasos y de investigar las bases estructurales de las recomendaciones de política económica. Dentro de la economía del bienestar existe una rama especializada denominada

Economía del Bienestar Aplicada, la cual toma el problema central de la economía del bienestar y cuantifica o mide los beneficios y/o costos de las diferentes alternativas de asignación de recursos; convirtiendo al análisis costo-beneficio es una de sus herramientas. (Castro & Marie, 1996:33)

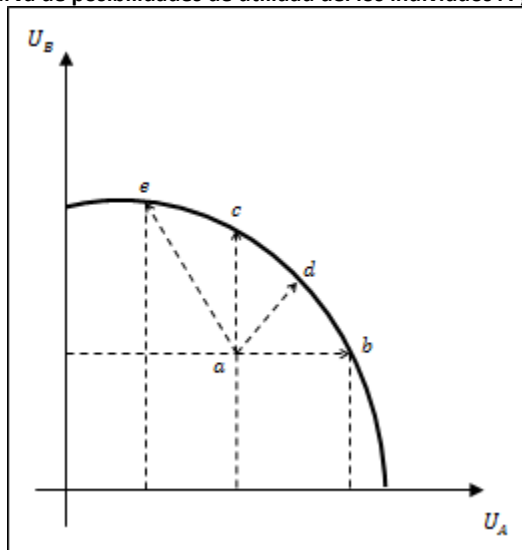
El propósito del análisis costo-beneficio consiste en determinar si una acción o política mejora el bienestar de la comunidad como un todo, de esta manera, el enfoque de esta disciplina ha sido el de definir y aplicar criterios para juzgar y medir el bienestar; tarea complicada ya que no existe un criterio universalmente aceptado y unificado para juzgar el bienestar, debido a que cada individuo juzga (califica) por sí solo si un cambio de una situación a otra implica un mayor o menor bienestar.

Por efectos de esta investigación, los criterios que se utilizarán para evaluar la propuesta serán el criterio de Kaldor y Hicks, propio del análisis costo-beneficio (como se verá a continuación), y los criterios de eficiencia y equidad.

### Criterio de Kaldor y Hicks

Castro & Marie (1996:33-36) para explicar este criterio empieza asumiendo una sociedad compuesta por dos individuos, A y B. Las utilidades de estos individuos se encuentran representadas en el gráfico 3 por la frontera de posibilidades de utilidad.

Gráfico 3:  
Curva de posibilidades de utilidad del los individuos A y B.



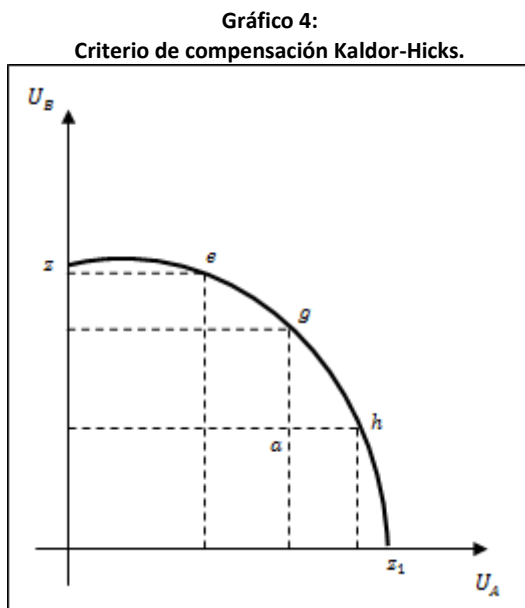
Fuente: Castro & Marie, Evaluación económica y social de proyectos de inversión

Elaboración: Jorge Luis Sánchez

Se parte como situación inicial del punto a, si se desea hacer un cambio y moverse del punto a al punto b representaría una mejora en el bienestar del individuo A. De hecho, un movimiento hacia arriba como, por ejemplo, del punto a al punto c significaría una mejora en el nivel de bienestar del individuo B. Así, una política o un proyecto que traslade del punto a a los punto b, d o c es una mejora en el bienestar general, ya que uno de los individuos mejora su nivel de bienestar sin empeorar el de otro, es decir,

existe una mejora del bienestar en el sentido de Pareto. No obstante, este criterio no se cumple cuando se realiza un movimiento desde el punto  $\underline{a}$  al punto  $\underline{e}$ , debido a que en este movimiento la utilidad de A disminuye y la de B aumenta.

Con el fin de resolver este problema, Nicholas Kaldor y John Hicks propusieron un criterio de compensación, el cual permite dar un juicio sobre el cambio de  $\underline{a}$  hacia  $\underline{e}$ . El gráfico 4 ilustra una frontera de posibilidades de utilidades de los individuos A y B, en donde se reflejan todos los niveles máximos de utilidad de ambos individuos dado un determinado escenario económico.



**Fuente:** Castro & Marie, Evaluación económica y social de proyectos de inversión  
**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez

De esta forma, si se desea mover desde el punto  $\underline{h}$  a un punto como  $\underline{g}$  o  $\underline{e}$ , es necesario redistribuir los ingresos de los dos individuos, con el fin de mantenerlos sobre la frontera de posibilidades de utilidad. Si la acción de una política conduce a un movimiento de  $\underline{a}$  hacia  $\underline{e}$  es claro que el individuo A pierde y B gana, pero también es claro que la sociedad en su conjunto está mejor en  $\underline{e}$  que en  $\underline{a}$ , debido a que desde  $\underline{e}$  se pueden lograr puntos tales como  $\underline{g}$  (el cual se encuentra sobre la misma frontera de posibilidades de utilidad) mediante una distribución del ingreso. En este sentido, el punto  $\underline{g}$  es mejor que el punto  $\underline{a}$  pues el individuo B está mejor y el individuo A no sufre ningún cambio, por lo tanto si el individuo B podría compensar potencialmente la pérdida sufrida por el individuo A al moverse de  $\underline{a}$  a  $\underline{e}$  generaría un impacto en el que ninguno de los dos pierda. De esta manera, según el criterio de compensación Kaldor-Hicks hay una mejora en el bienestar de la sociedad a causa de una acción si es posible que los ganadores compensen potencialmente a los perdedores y si los perdedores con esta compensación están por lo menos como estaban antes y aún haya una ganancia potencial para la sociedad.

Este criterio se relaciona con el análisis costo-beneficio de una política o un proyecto en el sentido de que al momento de dar el visto bueno en la ejecución de un proyecto (cuando los beneficios superan a

los costes) se está aplicando el criterio de compensación de Kaldor-Hicks, ya que este criterio es equivalente a exigir que los beneficios deben ser suficientes para que los beneficiados con el proyecto o política puedan compensar a los perdedores. Por esta razón, este criterio se utilizará en el análisis costo-beneficio de la propuesta porque se argumentará que es aceptable para la sociedad en su conjunto empeorar a algunos individuos si esto significa una mayor ganancia para los demás, siempre y cuando los beneficios superen a los costos.

## **Eficiencia y Equidad**

El subsidio a los paneles solares térmicos que se propone implementar en la presente investigación, además de promover el mercado de energía solar térmica para calentamiento de agua y fomentar un desarrollo sustentable en el país, plantea corregir el fallo de estado en la implementación de un subsidio al GLP para un consumo generalizado, mediante una correcta distribución en el consumo del mismo; con el objetivo de que los recursos ahorrados sean destinados a proyectos sociales de educación y salud, los cuales tienen una mayor distribución de la riqueza hacia los sectores más vulnerables. Por ende es necesario entender como criterio de evaluación la disyuntiva existente entre eficiencia y equidad cuando el sector público interviene en una economía.

Para entender la disyuntiva entre eficiencia y equidad, Stiglitz (2003: 112) supone una economía sencilla formada por dos individuos, a los que se denominarán Robinson Crusoe y Viernes. Crusoe inicialmente posee 10 naranjas y Viernes solamente 2. Esta situación parece injusta, por lo que se supondrá también que el Estado intervendrá transfiriendo 4 naranjas de Crusoe a Viernes, pero en la transferencia se pierde 1, por lo que ahora Crusoe tiene 6 naranjas y Viernes 5. Con la intervención del Estado se ha eliminado la mayor parte de la desigualdad, pero en el proceso de transferencia ha disminuido el número total de naranjas existentes, por lo que existe una disyuntiva entre la eficiencia, el número total de naranjas existentes, y la equidad.

¿A cuánta eficiencia tenemos que renunciar para reducir la desigualdad, o viceversa? Es una de las cuantas preguntas que muestran las discrepancias existentes al debatir y/o evaluar un programa público. La respuesta de esta pregunta dependerá de la función social de bienestar que tenga la sociedad a la que se implementará la política pública. Stiglitz (2003: 118) plantea que la función social de bienestar indica el nivel de bienestar social correspondiente a un determinado conjunto de niveles de utilidad alcanzados por los miembros de la sociedad, además la misma sirve para ordenar cualquier asignación de recursos: se elige las asignaciones que generan unos niveles más altos de bienestar social. En este sentido, el principio de Pareto establece que debemos preferir las asignaciones en las que mejora al menos el bienestar de algunas personas y no empeora el de ninguna, desgraciadamente, la mayoría de las elecciones plantean disyuntivas, ya que al mejorar el bienestar de unas personas se empeora el de otras.

Por otra parte, las funciones sociales de bienestar pueden concebirse como un instrumento que emplean los economistas para resumir los supuestos sobre las actitudes de la sociedad hacia diferentes distribuciones de la renta y bienestar. Si a la sociedad le preocupa mucho la desigualdad, tal vez le importe que Crusoe tenga que renunciar a 70 naranjas para que Viernes reciba 1, “ya que Crusoe tiene

muchas". En la medida en que Viernes sea más pobre que Crusoe, se estaría justificando cualquier sacrificio de Crusoe para mejorar el bienestar de Viernes. Por el contrario, si a la sociedad no le preocupa la desigualdad; podría valorar una naranja en manos de Viernes exactamente igual que una naranja en manos de Crusoe, aun cuando Viernes sea mucho más pobre; en este caso sólo se fijaría en la eficiencia (el número de naranjas existentes) por lo que no estaría justificada ninguna transferencia de naranjas de Crusoe a Viernes si como consecuencia se perdiera aunque sólo fuera una naranja. (Stiglitz 2003: 119).

Sin embargo, hay que tener en cuenta que en la práctica los poderes públicos no trazan curvas de posibilidades de utilidad ni calculan funciones sociales de bienestar (Stiglitz 2003: 124). En primer lugar intentan identificar y medir los beneficios netos que reciben los diferentes grupos; en segundo lugar, averiguan si el proyecto es una mejora en el sentido de Pareto, es decir, si mejora el bienestar de todas las personas; de ser así, es evidente que el proyecto debe realizarse (éste es el principio de Pareto). Por el contrario, si el proyecto no es una mejora en el sentido de Pareto, la cuestión es más difícil, debido a que unos ganan y otros pierden, por lo que el gobierno debe realizar un juicio global. Uno de los métodos utilizados normalmente se basa en dos estadísticas sintéticas, que describen los efectos producidos en la eficiencia y en la equidad. La eficiencia se mide sumando simplemente las pérdidas o las ganancias de cada persona, mientras que la equidad se mide observando una medida global de la desigualdad existente en la sociedad. Si el proyecto produce ganancias positivas netas (efectos positivos en la eficiencia) y reduce la desigualdad medida, debe realizarse. Si produce pérdidas positivas netas y aumenta la desigualdad medida, no debe realizarse. Si la medida de la eficiencia muestra ganancias pero la de la igualdad muestra pérdidas, o viceversa, existe una disyuntiva, que se evalúa utilizando la función social de bienestar: ¿cuánta desigualdad adicional está dispuesta a aceptar la sociedad para aumentar la eficiencia, o viceversa?

Por otra parte, Stiglitz (2003: 133) argumenta que evaluar los efectos distributivos de un proyecto es mucho más complejo que evaluar los efectos que produce en la eficiencia. En una sociedad hay muchos grupos, cada uno de los cuales puede resultar afectado de forma distinta, algunas personas pobres pueden resultar perjudicadas y otras beneficiadas, como también algunas personas de renta media pueden resultar beneficiadas y otras no. En algunos casos, puede ocurrir que los ricos sean los más beneficiados, que los pobres se beneficien algo y que la clase media sólo resulte algo perjudicada, como el caso del subsidio al GLP en el Ecuador (lo cual se analizará profundamente en las secciones posteriores), el cual ha sido una de las razones por las cuales se realiza la propuesta de la presente investigación.

Finalmente, Stiglitz (2003: 138) propone que en la práctica, cuando se evalúan propuestas, generalmente no se detalla las consecuencias que tienen cada una para cada uno de los miembros de la sociedad, sino que se las resume describiendo sus repercusiones en algún indicador de la desigualdad (o en algunos grupos claramente identificados) y la eficiencia en términos de ganancias o pérdidas. De esta manera existen tres enfoques para tomar decisiones sociales cuando no hay una mejora en el sentido de Pareto:

- El principio de compensación: establece que si la disposición agregada a pagar es mayor que el coste, el proyecto debe realizarse. La crítica a este principio se da porque no se toma en cuenta las cuestiones distributivas (Stiglitz 2003: 136).
- Las disyuntivas entre las distintas medidas: consiste en evaluar las disyuntivas utilizando como herramienta estadísticas tanto de la eficiencia como de la equidad. (Stiglitz 2003: 136).
- El enfoque de los beneficios ponderados: se asigna ponderaciones a las ganancias netas de los diferentes grupos (pobres, clase media, ricos) para resumir los efectos en una única cifra. Las ponderaciones se asignan de acuerdo a cómo el gobierno quiere distribuir la renta, por ejemplo, los efectos causados a los grupos de renta más alta reciben una ponderación menor. Del grado en que la ponderación sea menor puede depender que sea deseable o no realizar el proyecto.

Para evaluar la presente disertación se empleará el principio de compensación previamente mencionado, el cual será viabilizado a través del análisis costo-beneficio. Si la propuesta resulta viable, los hogares que utilizan calefón a gas no reducirían su bienestar porque serían compensados con otro equipo que brindaría las mismas funciones que cumplen este primero (calentamiento de agua sanitaria), además estos hogares contarían con un beneficio extra de ayudar a mitigar el cambio climático. Por otro lado, el Estado gozaría de un doble beneficio con la propuesta, primeramente aliviaría la carga fiscal del financiamiento del subsidio al GLP, recursos que serían destinados a proyectos que redistribuyan mejor la riqueza en la sociedad; y segundo fomentaría un desarrollo sustentable en el país.

Finalmente, el problema del cambio climático hace que la política económica tradicional no pueda presentarse como una opción entre crecimiento y cambio climático, por el contrario, la misma debe demostrarse como una política que propicie el desarrollo sustentable. Por esta razón esta investigación se centra en proponer una política que ayudaría a diversificar la dependencia del petróleo y sus derivados (GLP) en la matriz energética del Ecuador, brindando independencia energética a los hogares del DMQ a través de la introducción de energía solar térmica para calentamiento de agua; además esta política fomentaría un desarrollo sustentable en el país. A continuación se analizará el estatus del subsidio al GLP en Ecuador y sus principales problemas.



## ***Análisis del subsidio al GLP en el Ecuador durante el período 2004-2011***

Desde la creación del subsidio al GLP en 1978, el gas se ha convertido en un bien de alto consumo en el Ecuador, tanto que 9 de 10 hogares los utilizan como combustible principal para cocinar y es un bien que forma parte de la canasta básica familiar. La mayoría de los hogares que goza de su consumo desconoce cuánto le ha costado al Estado mantener esta política subsidiaria a través de los años, los efectos perversos que ha traído consigo este subsidio (como el contrabando a los países vecinos), entre otros problemas. Por esta razón el objetivo de esta parte de la investigación es entender la problemática que envuelve al GLP desde un enfoque estatal, ya que la finalidad de esta disertación es proponer una política económica que permita resolver esta problemática. La presente parte de la disertación se estructurará de la siguiente manera: primeramente se realizará un breve análisis acerca de los subsidios a combustibles derivados de petróleo para tener una idea del panorama macro que envuelve al subsidio al GLP. Después se analizará el subsidio al GLP y la problemática que lo rodea. Finalmente se estimará la cantidad de hogares que utilizan el subsidio al GLP en Distrito Metropolitano de Quito y los usos que brindan al mismo, con el objetivo de tener el alcance de la demanda de hogares que serán beneficiados con la propuesta.

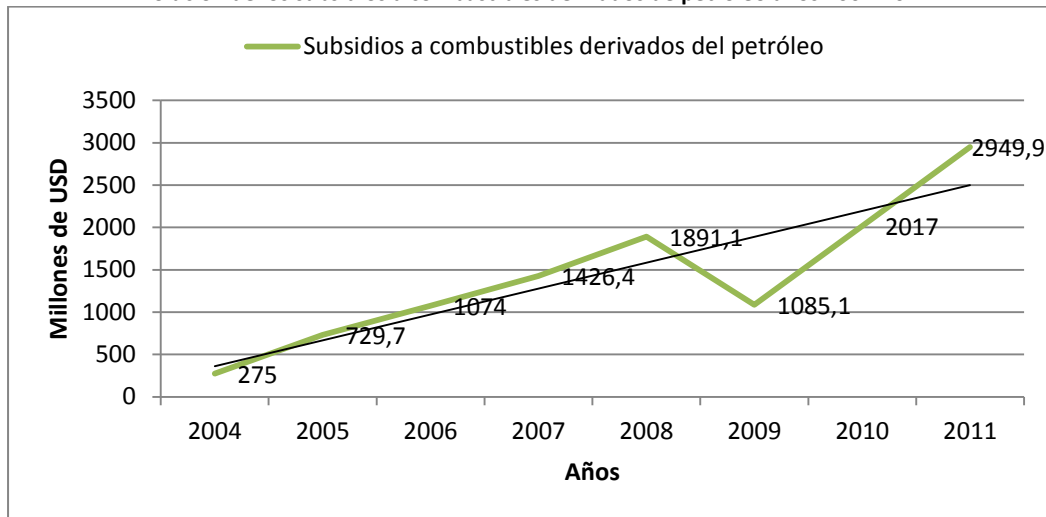
### ***Subsidios a combustibles derivados de petróleo en el Ecuador***

Ecuador a pesar de ser un país que produce y exporta petróleo, es deficitario en el procesamiento de crudo en productos derivados, debido a que no logra cubrir la demanda interna con la producción de las refinerías locales, por lo que se ve obligado a importar grandes volúmenes de derivados para satisfacer dicha demanda. Naturalmente, los precios a los que se importan estos derivados son mayores a los que se producen localmente, ocasionando que el Estado asuma esa diferencia en forma de un subsidio.

#### **Evolución de los subsidios**

En el gráfico 5 se visualiza la evolución de los subsidios a combustibles derivados de petróleo en el Ecuador. Desde el año 2004 hasta el año 2011, los montos destinados a los subsidios han aumentado significativamente en 2.674,9 millones de dólares, es decir, en un 972% a una tasa anual de crecimiento promedio del 52%. Este crecimiento se debe tanto a factores externos como el incremento del precio mundial del barril de petróleo y de sus derivados; como a factores internos como el crecimiento de la población, incremento demanda por el desarrollo del parque automotor nacional y el contrabando hacia los países vecinos principalmente.

**Gráfico 5:**  
**Evolución de los subsidios a combustibles derivados de petróleo años 2004-2011**



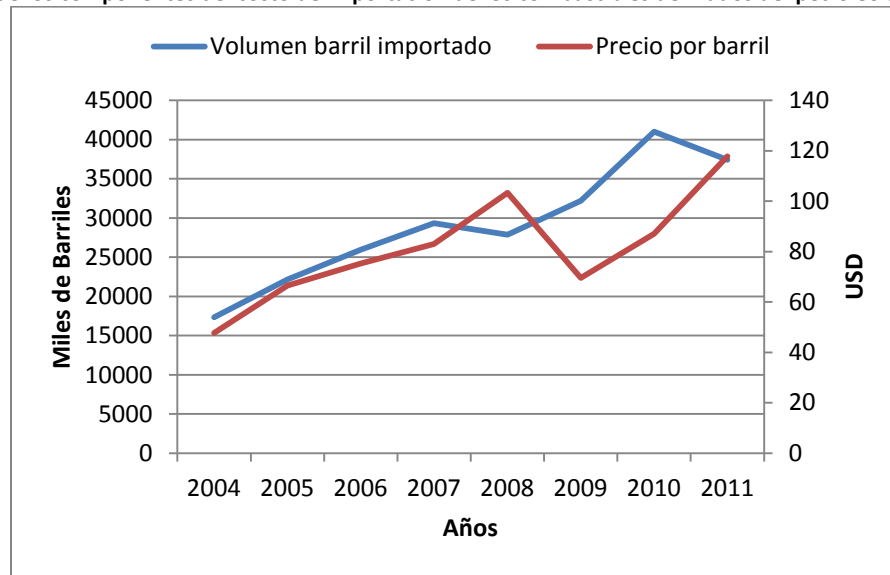
**Fuente:** Observatorio de la Política Fiscal, Informe de transparencia fiscal diciembre 2012.

**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez

## Factores externos

El costo de importación es el componente de mayor peso en la determinación de los subsidios a los combustibles derivados de petróleo, por la variabilidad que posee. El mismo está comprendido por los volúmenes de barriles importados y por los precios por barril. Dentro del período de análisis, como se evidencia en el gráfico 6, el volumen de barriles importados ha tenido un crecimiento del 115% con una tasa promedio anual del 12,44%; mientras que los precios por barril de los combustibles derivados de petróleo se han incrementado en un 147% con una tasa promedio anual del 16,41%. Es decir, en estos 7 años de análisis el precio por barril es el componente de mayor variabilidad dentro del costo de importación de los combustibles derivados de petróleo, debido a que se encuentra en función del precio del petróleo a nivel mundial.

**Gráfico 6:**  
**Crecimiento de los componentes del costo de importación de los combustibles derivados del petróleo años 2004-2011**



**Fuente:** Observatorio de la Política Fiscal, Informe de transparencia fiscal diciembre 2012.

**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez

Los subsidios a los combustibles derivados del petróleo se calculan de la siguiente manera (Observatorio de la Política Fiscal, 2012):

$$\text{Ingreso por venta interna} - \text{costo importación} = \text{subsidio}$$

$$\text{Ingreso por venta interna} = \text{volumen de importación} \times \text{precio promedio venta interna}$$

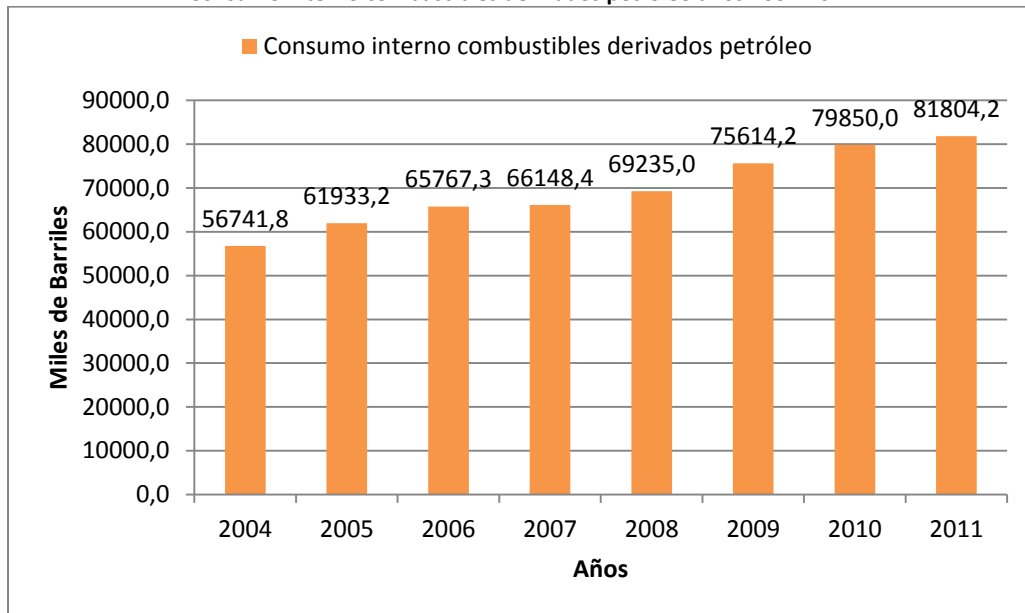
$$\text{Costo importación} = \text{volumen de importación} \times \text{precio promedio barril}$$

La diferencia entre el ingreso por venta interna y el costo de importación son los precios, ya que uno es de importación (precio promedio barril) y otro de comercialización local (precio promedio de venta interna). Los precios de venta interna son impuestos por el Estado mediante Decreto Ejecutivo y tienen como característica principal la poca variación que tienen en el tiempo (2,88% en promedio anualmente durante el período de análisis). Mientras que los precios por barril (precio de importación) de los combustibles derivados del petróleo, como factor externo, son vitales a la hora de determinar los montos que financiaran los subsidios, ya que su variabilidad (16,41% en promedio) influirá en la variabilidad de los montos destinados a financiar los subsidios.

### Factores internos

El volumen de barriles importados de combustibles derivados del petróleo es el componente del gasto de importación que se encuentra en función de la demanda doméstica. En el Ecuador, desde el año 2004 al 2011 el consumo interno de los combustibles derivados de petróleo se incrementó en 25'062.400 barriles, es decir, en un 44,17% con una tasa anual de crecimiento promedio del 5,4% (véase gráfico 7).

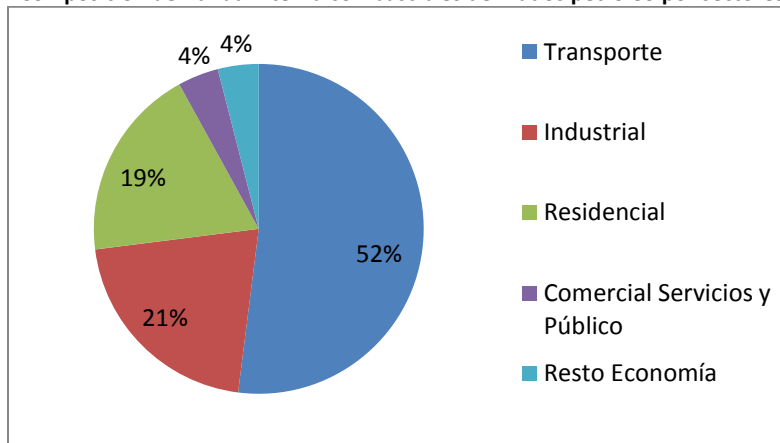
**Gráfico 7:**  
**Consumo interno combustibles derivados petróleo años 2004-2011**



**Fuente:** Informe estadístico Petroecuador 1972-2006; Banco Central del Ecuador, Cifras del Sector Petrolero.  
**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez

Según Rosero (2011), el 52% de la demanda interna de combustibles derivados del petróleo es consumida por el sector transporte; el 21% por el sector industrial; el 19% por el sector residencial; el 4% por el sector comercial de servicios y público; y el 4% restante es consumido por el resto de la economía (véase gráfico 8). Lo cual explica porque el análisis de una propuesta de sustitución de calefones puede ser viable considerado el 19% del consumo de combustibles derivados de petróleo en los hogares, donde se destaca el GLP principalmente (este punto se analizará profundamente en la siguiente sección).

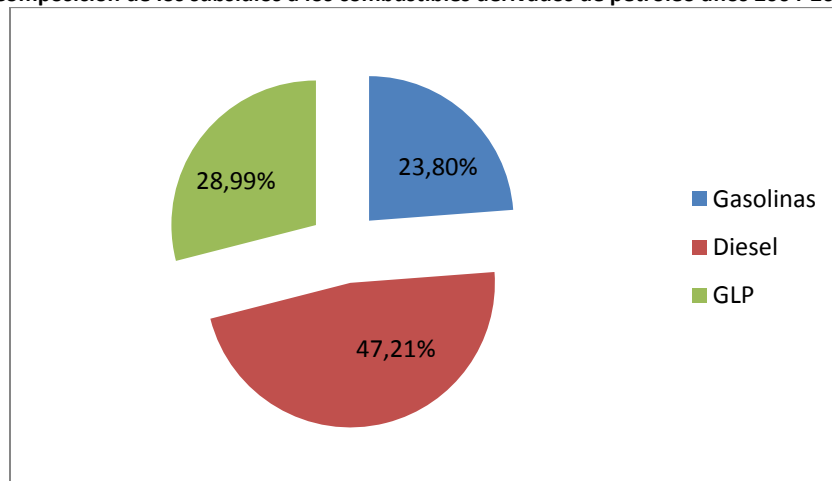
**Gráfico 8:**  
**Composición demanda interna combustibles derivados petróleo por sectores**



**Fuente:** Rosero, Mercado de la Energía Solar en el Ecuador, 2011  
**Elaboración:** Rosero

Por otro lado, en los 7 años de análisis, los subsidios a los combustibles derivados de petróleo obtuvieron la siguiente participación: gasolinas 23,80% (2.724,2 millones de USD), diesel 47,21% (5.405 millones de USD) y GLP 28,99% (3.318 millones de USD), tal como se puede observar en el gráfico 9 (Observatorio de la Política Fiscal, 2012). Lo cual indica la importancia de controlar el uso de GLP ya que corresponde el 30% de los subsidios a los derivados.

**Gráfico 9:**  
**Composición de los subsidios a los combustibles derivados de petróleo años 2004-2011**



**Fuente:** Observatorio de la Política Fiscal, Informe de transparencia fiscal diciembre 2012.

**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez

El diesel es el derivado de petróleo de mayor consumo a nivel nacional, desafortunadamente las refinerías del país no satisfacen la demanda (en 2011 contribuyeron con el 46,55% de la oferta nacional). La política de mantener el subsidio al diesel se fundamenta en apoyar al sector productivo, sin embargo el precio subsidiado ha orientado al sector empresarial a realizar importantes inversiones en plantas industriales que consumen diesel, dejando de lado el uso de otros combustibles como el fuel oil, producido por las refinerías del país en volúmenes que superan la demanda. Por otra parte, el diesel en el país es utilizado en plantas eléctricas de generación térmica cuando las centrales hidroeléctricas no abastecen el total de la demanda, es decir, en horas pico y épocas de estiaje. El precio subsidiado del diesel y el corto tiempo requerido para su instalación, ha inducido a la adquisición y montaje de estas plantas termoeléctricas, en vez de plantas que usen el combustible bunker, el cual es producido por las refinerías del país en volúmenes adecuados para este uso. (MCPEC, 2010: 21)

Al igual que en el caso del diesel, la producción nacional de gasolinas no abastece el total de la demanda local; en 2011 las refinerías del país contribuyeron con el 61,24% de la demanda y el déficit (38,76%) fue cubierto con importaciones, que significaron un egreso para el Estado de 1.663,1 millones de USD. El subsidio a las gasolinas adolece de falencias en su aplicación, en especial en el caso de la población de mayores ingresos que demandan en mayor cantidad las mismas. (MCPEC, 2010: 24)

El caso del GLP será ampliamente evaluado en las siguientes secciones, no obstante al igual que los demás combustibles derivados del petróleo, el GLP afronta problemas de focalización, aplicación y producción interna que no abastece el total de la demanda nacional.

Por otra parte, la política de subsidios a los combustibles derivados de petróleo ha incentivado la demanda de los mismos particularmente en proveniencia de familias de altos ingresos que han incrementado el consumo de gasolina y GLP para uso suntuario; de industrias que han migrado a tecnologías que usan energía subsidiada; y de movilización (contrabando) del producto a poblaciones ubicadas en las fronteras de los países vecinos Colombia y Perú (MCPEC; 2010: 10). Además la estructura vigente de subsidios favorece a los grupos con mayores ingresos que consumen la mayor cantidad de combustibles y por tanto reciben los mayores beneficios de los subsidios, para tener una estimación de este último punto, un estudio del SIIE realizado en el año 2002 demuestra que el 85% de la gasolina subsidiada beneficia exclusivamente al quintil más rico de la población, y el subsidio al GLP beneficia cinco veces más al quintil más rico que al quintil más pobre (Vos, Ponce, León & Cuesta, 2002).

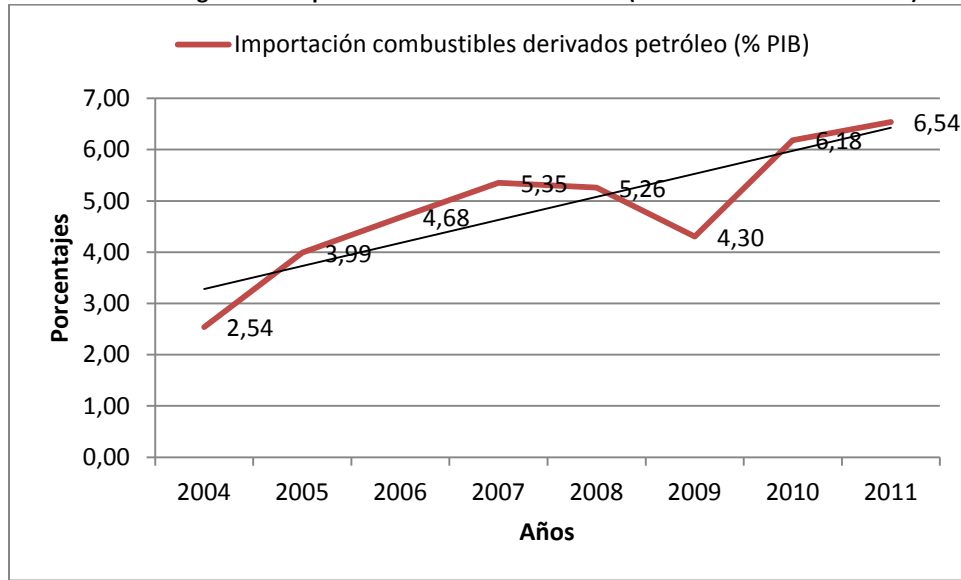
Finalmente, con esta política subsidiaria que beneficia a la sociedad de manera indiscriminada, los volúmenes de importación de combustibles derivados de petróleo seguirán aumentando año tras año y junto con la variabilidad de los precios de importación los montos destinados a financiar los subsidios aumentarán cada vez más.

## **Subsidios en el Presupuesto General del Estado (PGE)**

Ecuador es un país que mantiene un sistema de precios controlados para el mercado interno de combustibles (derivados) por disposición del Ejecutivo, en el cual no se fija un precio competitivo ni se refleja su escasez, sino que se asume un precio dispuesto por política pública y que generalmente es inferior al precio del mercado internacional. Este esquema genera en primer lugar un diferencial de precios que representa un costo de oportunidad, o pasa a ser un subsidio que afecta al presupuesto del Estado. (Chamorro, 2009: 89)

Como se menciona anteriormente, los montos de los subsidios a los derivados han aumentado significativamente desde 2004 a 2011, ocasionando que los mismos se conviertan en una carga representativa en el PIB. El gráfico 10 evidencia cómo ha evolucionado el gasto de importación de derivados con relación al PIB. Dichos subsidios han aumentado en los 7 años de análisis en un 157% con relación al PIB, con una tasa promedio anual del 17% (Observatorio de la Política Fiscal, 2012). Cabe recalcar que tanto el PIB como el gasto de importación de derivados crecen proporcionalmente, esto se debe a que en años donde crece el PIB, los hogares ecuatorianos aumentan su capacidad adquisitiva destinando sus ingresos en el consumo de artefactos que consumen combustibles derivados de petróleo como calefones, piscinas, autos, etc.

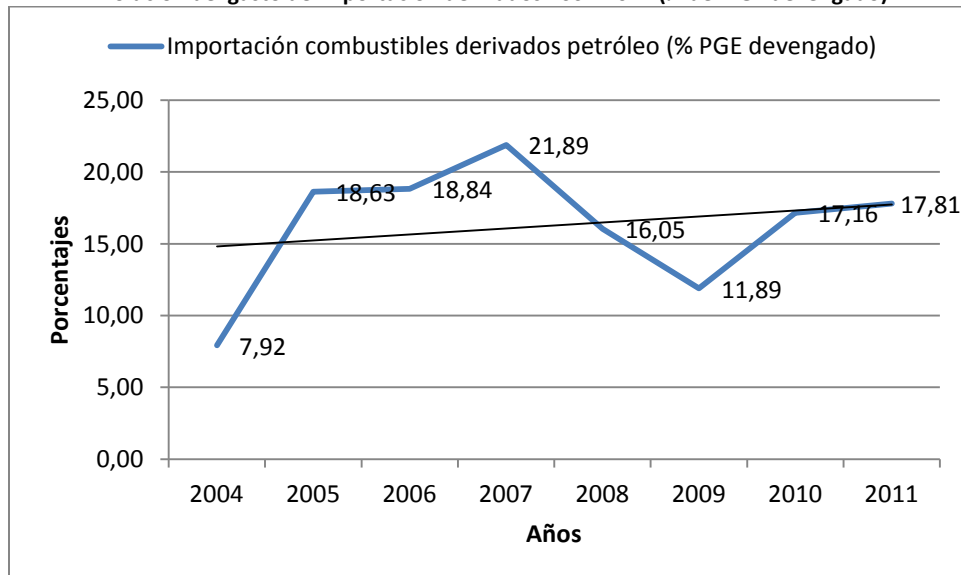
**Gráfico 10:**  
**Evolución del gasto de importación derivados 2004-2011 (% del PIB en USD corrientes)**



**Fuente:** Observatorio de la Política Fiscal, Informe de transparencia fiscal diciembre 2012.  
**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez

De igual manera, si se analiza cómo afecta el gasto de importación de combustibles derivados del petróleo al PGE, tenemos que en el año 2004 este gasto representaba tan sólo el 7,92% del presupuesto, mientras que para 2011 representó el 17,81%; es decir en 7 años el gasto ha aumentado en un 125% con una tasa de crecimiento promedio anual del 21,15% (véase gráfico 11). (Observatorio de la Política Fiscal, 2012)

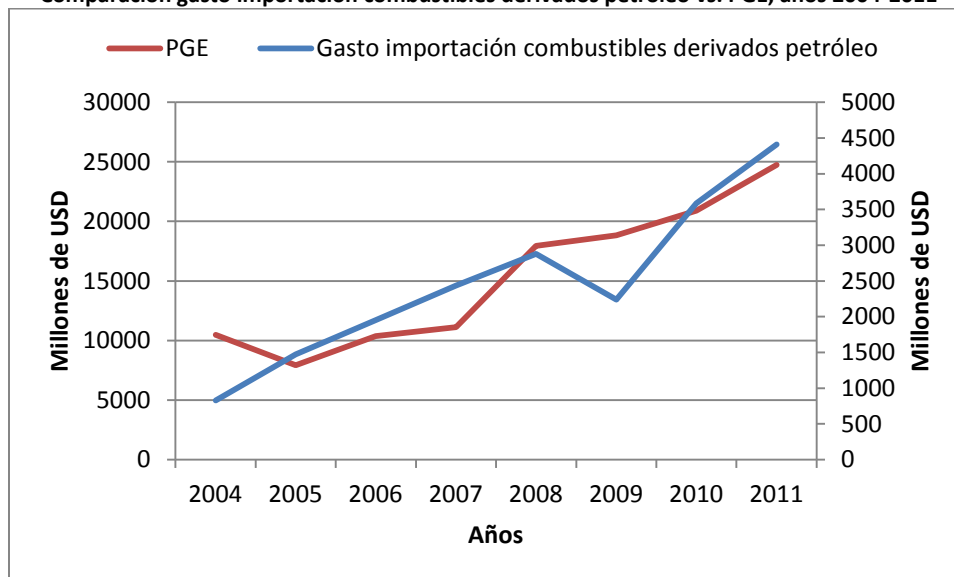
**Gráfico 11:**  
**Evolución del gasto de importación derivados 2004-2011 (% del PGE devengado)**



**Fuente:** Observatorio de la Política Fiscal, Informe de transparencia fiscal diciembre 2012.  
**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez

En el período de análisis, el PGE se ha incrementado en 14.284,6 millones de USD, es decir, en un 136,5% con una tasa de crecimiento promedio anual del 15,65%; mientras que el gasto de importación de derivados se ha incrementado en 3.579,2 millones de USD (431,91%) a una tasa de crecimiento promedio anual de 30,59%. El hecho de que el gasto de importación de los derivados crezca a una tasa más rápida que el PGE, que es el rubro que financia el primero, demuestra lo insostenible que ha sido para el Estado financiar esta política subsidiaria durante el período de análisis, tal como lo indica el gráfico 12.

**Gráfico 12:**  
**Comparación gasto importación combustibles derivados petróleo vs. PGE, años 2004-2011**



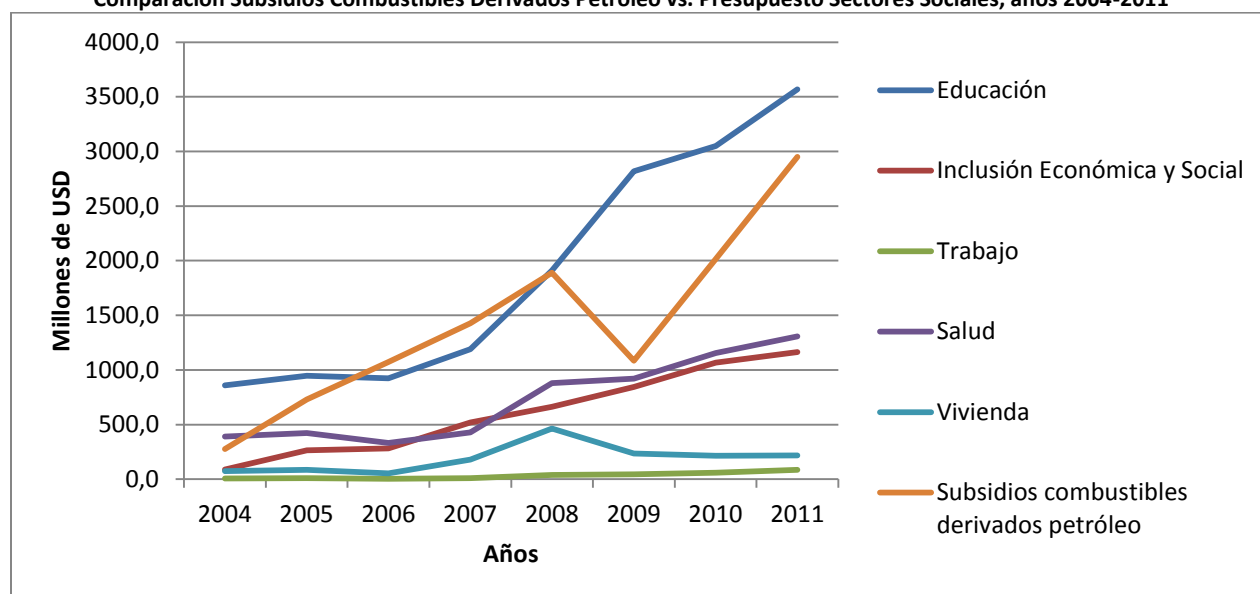
**Fuente:** Observatorio de la Política Fiscal, Informe de transparencia fiscal diciembre 2012.

**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez

Por otra parte, si se compara los montos destinados a los subsidios a los derivados de petróleo con los montos destinados a los presupuestos de los sectores sociales, se visualiza que hasta el año 2008 los montos destinados a los subsidios a los derivados de petróleo eran mayores a los montos presupuestados para los sectores sociales. No obstante a partir de esa fecha los montos destinados al presupuesto de educación fueron los únicos que superaron a los montos destinados a los subsidios, debido al aumento de la inversión en educación, que paso de ser en 2006 del 2,2% del PIB al 5,3% del PIB para 2011 (véase gráfico 13). (Observatorio de la Política Fiscal, 2012)



**Gráfico 13:**  
**Comparación Subsidios Combustibles Derivados Petróleo vs. Presupuesto Sectores Sociales, años 2004-2011**



**Fuente:** Observatorio de la Política Fiscal, Informe de transparencia fiscal diciembre 2012.

**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez

Estos dos últimos análisis evidencian la insostenibilidad de los subsidios a los combustibles derivados del petróleo, ya que el gasto de importación de derivados crece a mayor ritmo que el PGE (debido a factores internos y externos como se explicó anteriormente) cuestiona si en los años siguientes el Estado podrá seguir manteniendo esta política subsidiaria. Por otro lado, esta política de subsidios es totalmente ineficiente ya que beneficia a los sectores más ricos de la población, ocasionando que los recursos no se redistribuyan a los sectores poblacionales menos favorecidos; esta problemática se debe a que no existe un marco institucional que regule el consumo de los derivados en la población. Además los altos montos que se destinan para financiar estos subsidios generan vulnerabilidad e incertidumbre en el presupuesto para los sectores sociales, los cuales son más prioritarios y redistributivos para el desarrollo del país. Para citar unos ejemplos, un estudio del SIIE (2003) estimó que la educación pública primaria beneficia en un 35% al 20% más pobre de la población y solamente al 6% del quintil más rico de la población; y el programa de alimentación escolar beneficia en un 38% al quintil más pobre y tan sólo un 2% al quintil más rico.

Bajo este panorama de insostenibilidad e ineficiencia se sitúa el subsidio al GLP, se podrá esperar que en el futuro este subsidio tenga los mismos problemas. A continuación se realizará un análisis de este subsidio con el objetivo de identificar su problemática, la cual será fundamental conocer detalladamente al momento de realizar la propuesta.

## ***Subsidio al GLP en el Ecuador***

### **Antecedentes y creación del subsidio al GLP**

En la década de los setenta, las dos dictaduras militares (el Gobierno Nacionalista y Revolucionario del general Guillermo Rodríguez Lara, 1972-1976, y el Triunvirato Militar, 1976-1979) profundizaron el modelo de intervención del Estado iniciado por la Junta Militar de los años 60, en el cual el Estado poseía una participación activa en la economía principalmente en la promoción y planificación de inversiones en sectores estratégicos, acompañados de un progresivo endeudamiento externo. (Mayoral, 2009: 122)

Estas dictaduras se caracterizaron por tener grandes ingresos económicos por la bonanza en producción y exportación de petróleo, lo cual también permitió que en el año de 1973 considerando el acuerdo ministerial No. 11413, el Estado a través de la antigua Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana (CEPE), asuma las importaciones del GLP que anteriormente realizaban las empresas particulares. Años más tarde, el subsidio al GLP fue creado por el Decreto Supremo No. 2967 publicado en el Registro oficial No. 711 referente a la Ley de Hidrocarburos de 1978, el cual establece en el Art. 72 que “Los precios de venta al consumidor de los derivados de los hidrocarburos serán regulados de acuerdo al Reglamento que para el efecto dictará el Presidente de la República.” En este sentido, el subsidio al GLP, al igual que los demás subsidios a los combustibles, fueron creados en principio para apoyar a los grupos sociales menos favorecidos y como una política populista de los gobiernos militares de turno.

El artículo No. 285 de la Constitución de la República del Ecuador indica que las transferencias, tributos y subsidios procuren la redistribución del ingreso (Constitución del Ecuador, 2008). Bajo este preámbulo, como se visualizará en el resto de la sección, el subsidio al GLP ha cumplido parcialmente la función social de transferir recursos a los más pobres, ya que los grupos sociales de mayores ingresos son los más beneficiados con el mismo; sin embargo este subsidio ha permitido también que los hogares más pobres puedan cocinar sus alimentos. Por lo tanto remover el subsidio al GLP no es una alternativa viable para el país, hay que proponer alternativas de focalización, como la propuesta que se realizará posteriormente, que permitan que el subsidio cumpla su función social de transferir sus recursos a los más pobres.

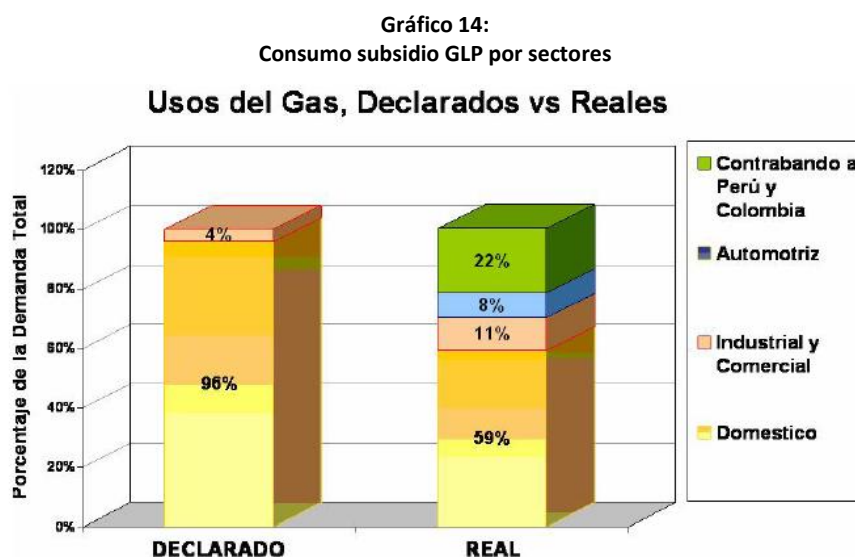
### **Análisis consumo subsidio GLP**

Desde la creación del subsidio al GLP en el año 1978, este derivado se ha convertido en un combustible de acelerada utilización en el Ecuador. El subsidio se creó para utilizarlo en actividades domésticas. Sin embargo, conforme avanzaba el tiempo su uso fue aumentado, originado por su bajo precio de venta, y se lo empezó a utilizar en actividades de industria, servicios, transportación, entre otros. A través de los años este subsidio, por un lado, ha permitido que la mayoría de los hogares puedan cocinar sus alimentos, pero por otro lado el subsidio ha generado efectos perversos tales como la fuga del hidrocarburos por las fronteras a los países vecinos, el uso del gas en actividades suntuosas, como el calentamiento de piscinas, entre otras; las mismas que han debilitado las capacidades de regulación y

redistribución, incrementando la demanda del gas de uso doméstico en el país y cuestionando en gran medida su sostenibilidad y focalización.

### Consumo por sectores

Si se analiza el consumo del subsidio al GLP por sectores (véase gráfico 14), un estudio de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE, 2007) tomando datos del extinto Ministerio de Minas y Petróleos, establece que existen dos estadísticas de consumo. En la estadística declarada, el sector doméstico demanda el 96% del subsidio, dejando el resto al sector industrial. En cambio, en la estadística real, el sector residencial doméstico demanda el 59% del GLP, mientras que el 37% restante es demandado de la siguiente manera: industrial (11%), automotriz (8%) y contrabando (22%).



Fuente: Ministerio de Energía y Minas Ecuador, 2007.

Elaboración: OLADE

El tema del contrabando, es quizás la muestra más representativa de la mala utilización del subsidio al GLP en el país. Naturalmente esta fuga de recursos se debe al alto precio que tiene este derivado en los países vecinos, siendo el precio del GLP en Colombia y Perú de doce a dieciséis veces más alto que el ecuatoriano. En los 7 años de análisis al gobierno le ha costado este problema 730,1 millones de USD. Para afrontar esta realidad, el gobierno puso en marcha el Plan de Soberanía Energética, el cual empezó con un plan piloto en la parroquia Tufiño, zona donde se capacitó a los habitantes en la compra del derivado mensualmente mediante una tarjeta automatizada; por otra parte en los cantones del El Oro fronterizos con Perú, el gas doméstico se distribuye a través de cupos asignados según el número de miembros de cada familia; además en las provincias fronterizas el GLP se distribuye con vigilancia militar (Diario El Comercio, 2009). Según cifras del antiguo Ministerio de Minas y Petróleos, hasta el mes de noviembre de 2008 esta medida ha permitido incautar de 88,7 mil cilindros, 90% de los cuales fueron incautados a través de operativos con las Fuerzas Armadas. (Castillo, 2007)

En el caso de los automotores, el uso es por demás abusivo, pues no solamente es peligroso aún cuando se instalan sistemas especiales de seguridad, porque marcan una tendencia hacia una conversión regresiva del uso de energía en lugar de promover el uso de energías renovables, biocombustibles, etc. y se continua manteniendo la dependencia energética en los hidrocarburos y sus derivados. El caso del consumo industrial, hay que partir del hecho de que la producción de GLP de 45kgs es limitada, ocasionando un déficit que genera un consumo indiscriminado de las bombonas de 15kgs. (Castillo, 2007)

## Consumo por quintiles de pobreza

Desde la década de los noventa, el uso y acceso de las familias ecuatorianas a este subsidio era ya generalizado. Los datos del último censo de población y vivienda del 2010 refleja que a nivel nacional 9 de cada 10 hogares utilizan gas como combustible principal para cocinar y el 97% de los hogares urbanos también lo utiliza para ese fin. Estos datos reflejan que en el área urbana el consumo de gas para uso doméstico es prácticamente común, no así en el sector rural donde la leña y el carbón constituyen la segunda fuente de uso con un 17,6% (véase tabla 1).

**Tabla 1:**  
**¿Cuál es el principal combustible o energía que los hogares utilizan para cocinar? (en porcentajes)**

¿Qué utilizan los hogares para cocinar?							
Desglose	Gas (tanque o cilindro)	Gas centralizado	Electricidad	Leña, carbon	Residuos Vegetales y/o animales	Otro*	No cocina
<b>País</b>	90,66	0,31	0,43	6,8	0,01	0,01	1,77
<b>Urbano</b>	96,24	0,49	0,59	0,73	0,002	0,01	1,94
<b>Rural</b>	80,75	N/A	0,14	17,6	0,03	0,01	1,47

Fuente: INEC, Censo de Población y Vivienda 2010.

Elaboración: Jorge Luis Sánchez

\*Gasolina, Kérex, Diesel

Como se mencionó anteriormente, el subsidio al gas se creó con el objetivo de beneficiar a los sectores más vulnerables del país, no obstante los mayores beneficiarios de este subsidio son los sectores más ricos de la población, ya que son ellos los que más consumen. Según un estudio de Hexagon Consultores (2006) utilizando datos de la Encuesta de Condiciones de Vida (ECV) de 2006, estimó que el 8% del subsidio al gas se destinó al 20% más pobre de la población, mientras que el 33% del subsidio se destina al quintil más rico de la población (tabla 2).

**Tabla 2:**  
**Distribución del subsidio al GLP de uso doméstico por quintiles de pobreza**

Quintiles	Distribución porcentual del subsidio
1 (20% más pobre)	8%
2	14%
3	18%
4	24%
5 (20% más rico)	36%
<b>Total gas uso doméstico</b>	<b>100%</b>

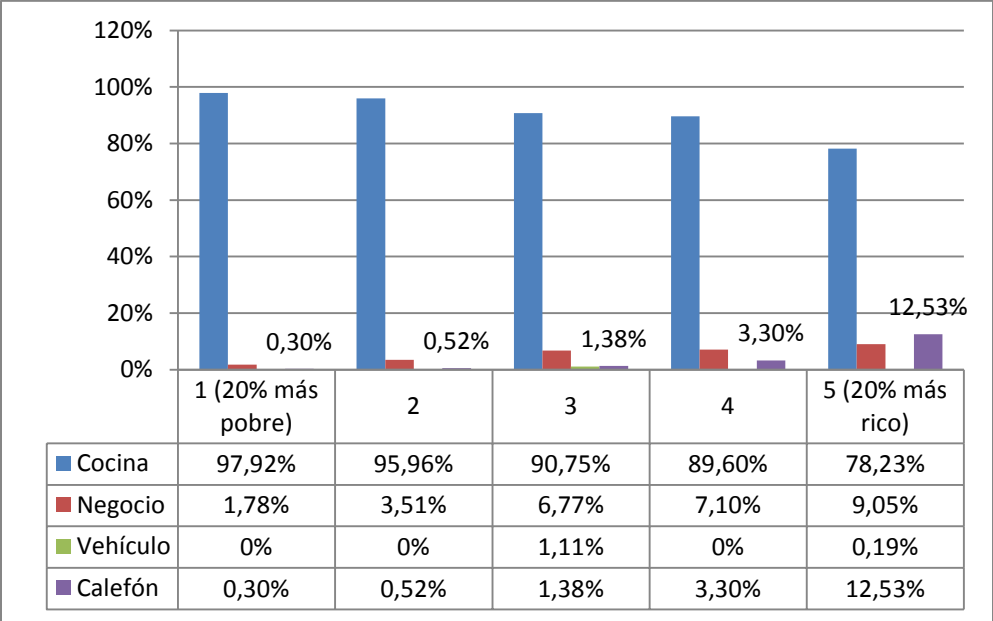
Fuente: Subsidio al gas, Hexagon Consultores, 2006. INEC, Encuesta de Condiciones de Vida, 2006.

Elaboración: Jorge Luis Sánchez

En el año 2011 el subsidio al GLP se estimó por 636,2 millones de USD, si se conoce que el 59% del mismo se destina a actividades domésticas (375,4 millones de USD) solamente 82,6 millones de USD (22% subsidio) llega efectivamente a la población definida como pobre del país (quintil 1 y quintil 2 de pobreza por consumo, aproximadamente 40% de la población). Por el contrario, el 36% del subsidio (135,1 millones de USD) es aprovechado por el 20% más rico de la población, es decir, el 36% del subsidio al gas es ineficiente. En los 7 años del período de análisis, al gobierno le ha costado la mala focalización del subsidio al gas 704,9 millones de dólares, monto mayor al subsidio destinado en el año 2011 (636,2 millones de USD).

Por otra parte, si se analiza los distintos usos que la población brinda al subsidio al GLP por quintiles, se tiene que el 20% más pobre de la población utiliza el gas en un 97,92% para cocinar, el 1,78% para negocio y tan solo el 0,30% para el calentamiento de agua mediante calefón. En cambio, el 20% más rico de la población utiliza el 78,23% del GLP para cocinar, el 12,53% para el calentamiento de agua mediante calefón, el 9,05% para negocio y el 0,19% para vehículo. Este contraste en la utilización del subsidio al GLP doméstico por parte de los quintiles 1 y 5 demuestra el deficiente marco institucional que posee el país para regular el consumo del mismo, ya que el quintil más rico consume una cantidad mayor de este bien especialmente para negocios y para los calefones, actividades para los cuales no fue destinado el subsidio; mientras que el quintil más pobre lo consume en su mayoría solamente para cocinar, un uso doméstico, como debería ser (véase gráfico 15).

**Gráfico 15:**  
**Utilización del subsidio al GLP doméstico por quintiles.**



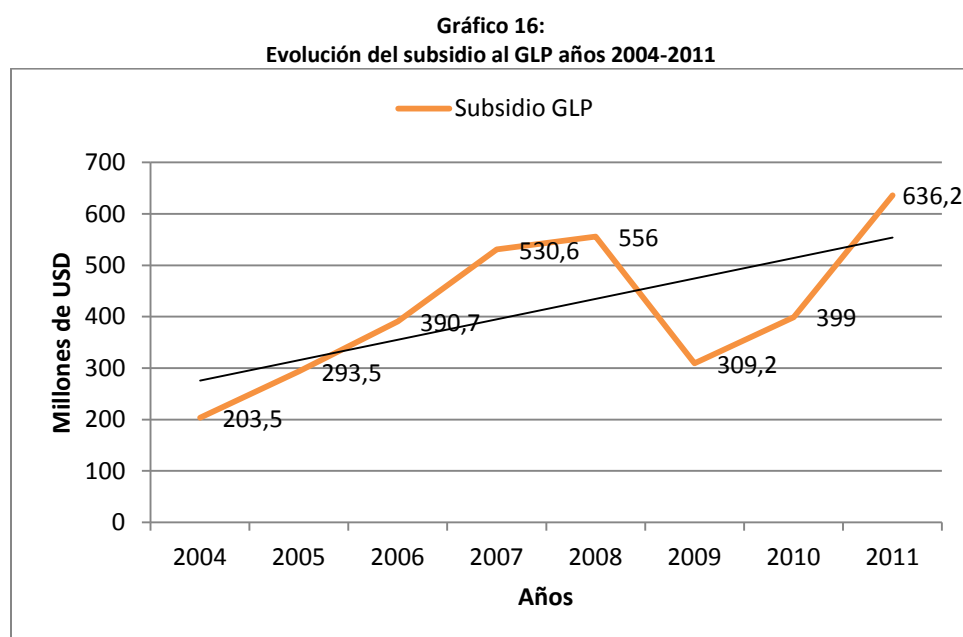
**Fuente:** INEC, Encuesta de Condiciones de Vida, 2006.

**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez

Debido a que la propuesta de esta disertación se centra en sustituir los indebidos usos del GLP, como en el uso calefones específicamente, por paneles solares térmicos; las cifras anteriormente expuestas revelan que el quintil 5 destina el 12,53% de su consumo al uso del calefón, en contraste con los quintiles 1 y 2 que destinan el 0,30% y el 0,52% de su consumo respectivamente. Es decir, de implementarse la propuesta, la misma recaería principalmente en los grupos más favorecidos de la población, dejando el subsidio al GLP a los grupos más vulnerables, logrando de esta manera al subsidio cumplir su función social de transferir sus recursos a los más pobres.

## Evolución costo subsidio GLP 2004-2011

El gráfico 16 revela que desde el año 2004 hasta el año 2011 los montos destinados al subsidio del GLP han aumentado en un 212,6%, es decir, en 432,7 millones de dólares.

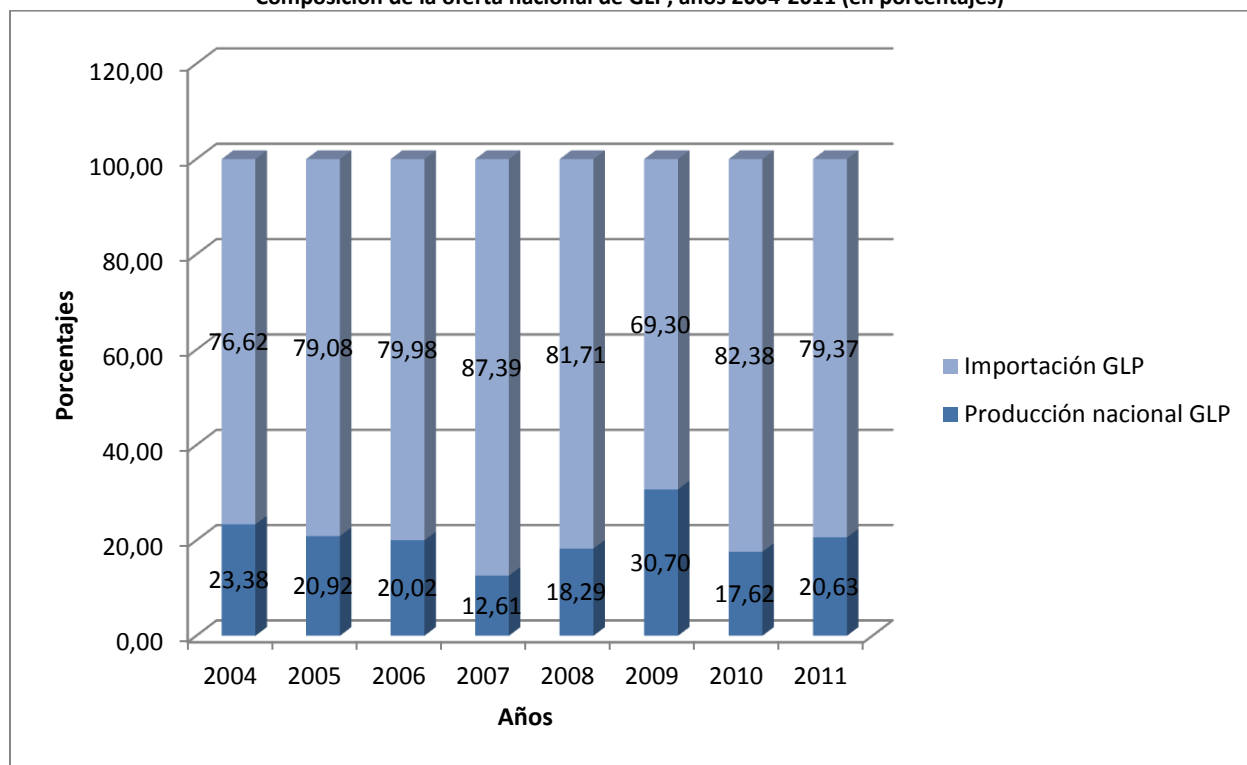


**Fuente:** Observatorio de la Política Fiscal, Informe de transparencia fiscal diciembre 2012.

**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez

Para analizar este fuerte crecimiento del subsidio al GLP, se debe primeramente analizar cómo se calcula el mismo. Al igual que en los demás combustibles derivados del petróleo, el país es deficitario en producción del GLP, durante el período de análisis la producción nacional de GLP representó en promedio el 23% de la oferta (véase gráfico 17), obligando de esta manera al país a importar este derivado para satisfacer la demanda local. La ineficiencia de las refinerías del país en producir GLP le ha costado al gobierno 4.129,5 millones de USD, durante los 7 años de análisis, valor equivalente a la construcción de, por ejemplo, dos hidroeléctricas Coca Codo Sinclair.

**Gráfico 17:**  
**Composición de la oferta nacional de GLP, años 2004-2011 (en porcentajes)**



**Fuente:** Observatorio de la Política Fiscal, Informe de transparencia fiscal diciembre 2012.

Banco Central del Ecuador, Cifras del sector petrolero años 2007-2011

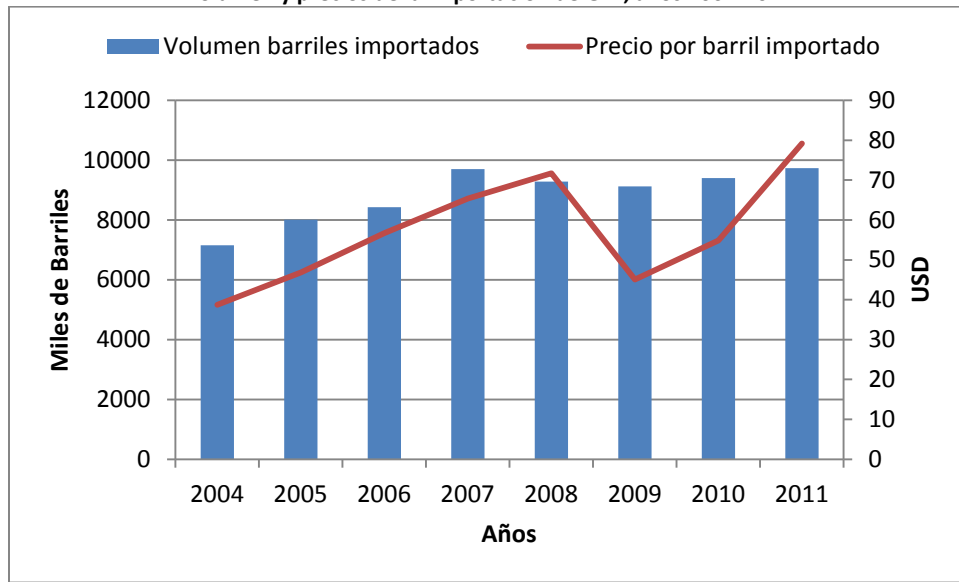
Informe estadístico Petroecuador 1972-2006

**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez

De la misma manera que los demás combustibles derivados del petróleo, los precios a los que se importa el GLP son mayores a los que el Estado fija por Decreto Ejecutivo para la comercialización interna, ocasionando que el gobierno asuma la diferencia en forma de subsidio. El Decreto Ejecutivo 338 establece el precio de comercialización de GLP en 0,11 USD/kg, mientras que el precio de importación del derivado es de 0,9674336 USD/kg, es decir, el Estado subsidia con 0,86 USD por cada kilogramo de gas.

Por lo argumentos expuestos anteriormente, el costo del subsidio depende en su mayoría del costo de importación del derivado (77% en promedio). El costo de importación está conformado por lo volúmenes de barriles importados de GLP y por el precio por barril. Cuando el Estado importa este derivado para satisfacer la demanda nacional, esta demanda es dependiente del mercado internacional por la variabilidad que existe en los precios por barril, ya que los mismos están en función de los precios del petróleo a nivel mundial. El gráfico 18 evidencia esta realidad, en donde, el precio por barril se ha incrementado durante el período de análisis a una tasa promedio anual del 13,7%, a diferencia del 4,68% del volumen de barriles importados.

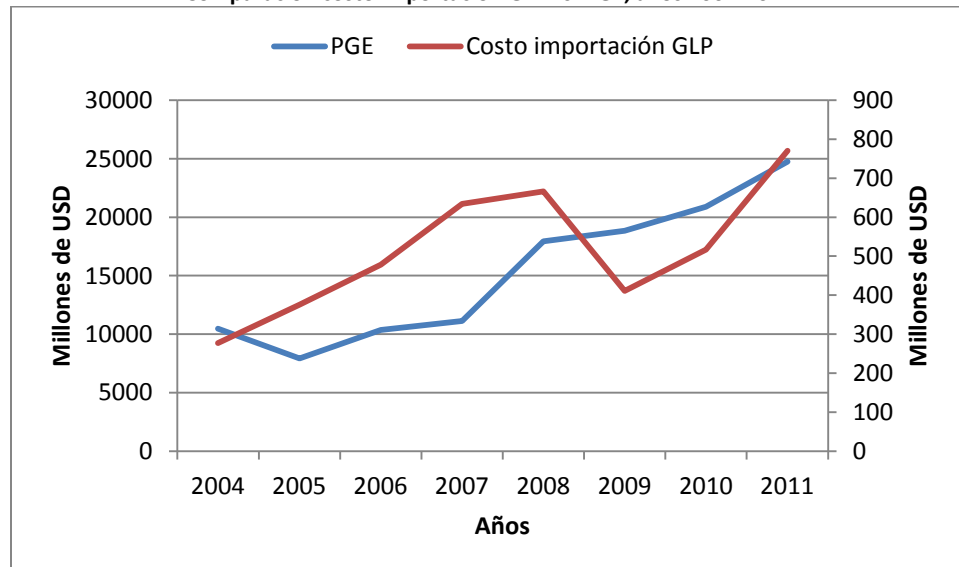
**Gráfico 18:**  
**Volumen y precios de la importación de GLP, años 2004-2011**



**Fuente:** Observatorio de la Política Fiscal, Informe de transparencia fiscal diciembre 2012.  
**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez

Esta dependencia del mercado internacional al momento de costear el subsidio al GLP, hace cuestionarse si el Estado es capaz de ser sostenible a la hora de financiar el subsidio año tras año. Si se analiza la tasa de crecimiento anual promedio del costo de importación del GLP y del PGE, se obtiene que el costo de importación crece a una tasa promedio anual del 19,57%, mientras que el PGE aumenta a una tasa promedio anual del 15,65% (véase gráfico 19).

**Gráfico 19:**  
**Comparación costo importación GLP vs. PGE, años 2004-2011**



**Fuente:** Observatorio de la Política Fiscal, Informe de transparencia fiscal diciembre 2012.  
**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez



El hecho de que el costo de importación del GLP crezca a una tasa más rápida que el PGE, que es el rubro que financia el primero, demuestra lo insostenible que ha sido para el Estado financiar esta política subsidiaria durante el período de análisis; política que es además ineficiente por la mala focalización en su consumo.

Al igual que lo expuesto en el análisis de los combustibles derivados de petróleo, el subsidio al GLP se podría destinar a financiar proyectos de bienestar social que redistribuyen de mejor manera los recursos hacia los grupos más vulnerables.

Por lo tanto, como se ha venido viendo, el subsidio al gas es un subsidio ineficiente porque beneficia mayoritariamente a los grupos más ricos de la población y la demanda nacional depende del mercado internacional por los grandes volúmenes de barriles de GLP que se importan para satisfacer la demanda local. Además este subsidio se creó para ser utilizado con fines domésticos, sin embargo su bajo precio de venta ha generado que la población lo utilice para otras actividades como calefón, vehículo, negocio, calentamiento de piscinas y contrabando; esta última es la actividad que más pérdidas ha traído al país ya que el 22% del consumo de GLP es destinado a la misma. A pesar de todos estos problemas, esta política subsidiaria se ha mantenido en el país porque ha permitido que el 90% de hogares ecuatorianos cocinen sus alimentos, en especial en los hogares de la población más vulnerable donde cerca del 95% destina el GLP a esta actividad. Por esta razón, remover el subsidio al GLP no es una política viable en las condiciones actuales de consumo de los hogares (ver gráfico 16), no obstante mantener el subsidio generalizado tampoco es conveniente ni sostenible.

Bajo esta premisa, focalizar el subsidio hacia los sectores de las poblaciones menos favorecidas es la única opción viable. Una manera de hacerlo es mediante la propuesta que se realizará en esta disertación, en donde se sustituirá un uso suntuario del GLP como el calefón por paneles solares térmicos, con el objetivo de alivianar las finanzas del gobierno y el consumo de este derivado, destinándolo solamente al consumo doméstico. Algo importante a tomar en cuenta es que la propuesta solamente se centrará en el uso paneles solares térmicos para reemplazar el uso de agua caliente en un hogar mediante calefón. La propuesta no tomará en cuenta otros usos que brinda el GLP en un hogar como la cocción de alimentos, debido a que el gobierno plantea sustituir las cocinas que utilizan gas por cocinas eléctricas de inducción con el aumento de la generación hidroeléctrica en el país para el año 2016. (Manzano, 2012)

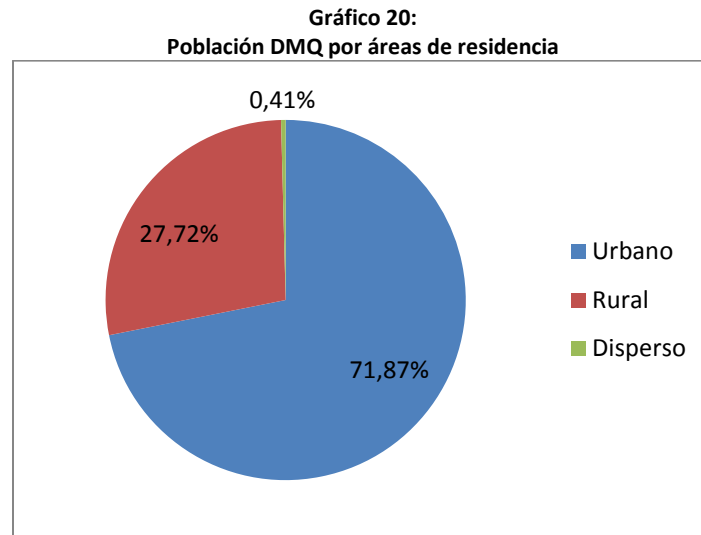
## ***Estimación demanda subsidio al GLP en el Distrito Metropolitano de Quito***

### **Características del área de estudio: Distrito Metropolitano de Quito**

#### **Demografía**

El Distrito Metropolitano de Quito se encuentra ubicado en el centro norte de la Provincia de Pichincha, tiene una superficie 4 183 km<sup>2</sup> y una población, según el Censo de Población y Vivienda de 2010, de

2'239.191 habitantes. Cerca de las tres cuartas partes de la población del distrito (71,87%) se encuentran concentradas en el área urbana como se puede apreciar en el gráfico 20:



**Fuente:** Población e indicadores del DMQ, Secretaría de Territorio Hábitat y Vivienda – MDMQ.

**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez

El DMQ se divide en 8 administraciones zonales, que contienen 32 parroquias urbanas y 33 parroquias rurales y suburbanas; estas son: Calderón, Manuela Sáenz (Centro), Los Chillos, La Delicia (Equinoccial), Eugenio Espejo (Norte), Quitumbe, Eloy Alfaro y Tumbaco; tal como lo indica el gráfico 21. Estas administraciones se encargan de descentralizar los organismos institucionales y de mejorar el sistema de gestión participativa según las necesidades específicas de cada zona.

**Gráfico 21:**  
**Mapa de las Administraciones Zonales del DMQ**



**Fuente:** Dirección Metropolitana de Planificación Territorial

**Elaboración:** Dirección Metropolitana de Planificación Territorial

La población del DMQ ha crecido un 21,55%, es decir, en casi 400.000 habitantes más, desde el censo de 2001 hasta el último censo de 2010. Este crecimiento se ha visto matizado por factores y características propias de un proceso de evolución demográfica como los procesos de migración interna, el cual se ve reflejado en la tendencia de la población en establecerse en áreas en proceso de consolidación, tal como evidencia la tabla 3.

**Tabla 3:**  
**Población por administraciones zonales del DMQ, censos 2001 y 2010**

Adminsitraciones Zonales	Censo 2001	Censo 2010	Variación %
<b>Ciudad consolidada</b>			
Eloy Alfaro	412.297	430.447	4
Eugenio Espejo	365.054	388.708	6
Manuela Sáenz	227.173	218.714	-4
<b>Áreas en proceso de consolidación</b>			
Calderón	93.989	162.584	73

La Delicia	262.393	341.125	30
Los Chillos	116.946	167.164	43
Quitumbe	190.385	319.056	68
Tumbaco	131.368	173.571	32

**Fuente:** Población e indicadores del DMQ, Secretaria de Territorio Hábitat y Vivienda – MDMQ.

**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez

Por otra parte, según el Censo de Población y Vivienda del 2010, el DMQ cuenta con 641.214 hogares, 31,86% más que el censo de 2001. Este crecimiento de los hogares va de la mano con el crecimiento demográfico de la ciudad, por esta razón, la mayor cantidad de hogares nuevos se han establecido en áreas en proceso de consolidación, tal como lo indica la tabla 4.

**Tabla 4:**  
**Hogares por administraciones zonales del DMQ, censos 2001 y 2010**

Adminsitraciones Zonales	Censo 2001	Censo 2010	Variación %
<b>Ciudad consolidada</b>			
Eloy Alfaro	110.265	123.290	12
Eugenio Espejo	105.177	124.678	19
Manuela Sáenz	63.720	65.216	2
<b>Áreas en proceso de consolidación</b>			
Calderón	22.791	44.012	93
La Delicia	68.619	96.455	41
Los Chillos	28.169	44.780	59
Quitumbe	47.229	84.240	78
Tumbaco	17.991	25.124	40

**Fuente:** Población e indicadores del DMQ, Secretaria de Territorio Hábitat y Vivienda – MDMQ.

**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez

## Condiciones climáticas

Como anteriormente se mencionó, el DMQ por su ubicación latitudinal en la zona tórrida, recibe la radiación solar en forma perpendicular, lo cual provoca que la posición del sol tenga poca variabilidad durante todo el año. Este factor permite que existan 12 horas de sol en promedio por día y una irradiación global promedio de 4,83 kWh/m<sup>2</sup>/día (véase tabla 5) (en países europeos la irradiación global promedio es de 2 kWh/m<sup>2</sup>/día), lo cual favorece la aplicación favorable de tecnologías renovables como la energía solar térmica para calentamiento de agua.

**Tabla 5:**  
**Irradiación global promedio DMQ, Guayaquil (en kWh/m<sup>2</sup>/día)**

Meses	DMQ	Guayaquil
Enero	4,71	4
Febrero	4,62	4,17
Marzo	4,73	4,67

Abril	4,44	4,58
Mayo	4,69	4,56
Junio	4,49	3,86
Julio	5,38	4,17
Agosto	5,29	4,5
Septiembre	5	4,67
Octubre	4,97	4,56
Noviembre	4,77	4,31
Diciembre	4,92	4,44
<b>Promedio</b>	<b>4,83</b>	<b>4,37</b>

**Fuente:** Atlas Solar Ecuador

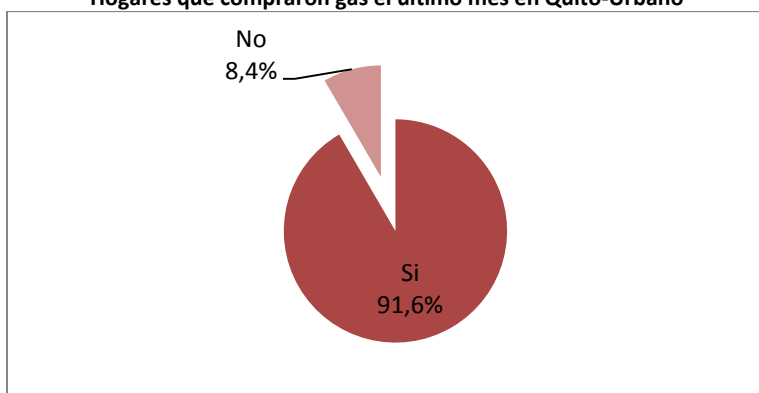
**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez

Por otra parte, cabe mencionar que Quito es la segunda ciudad con mayor irradiación global promedio anual, superada solamente por la ciudad de Puerto Ayora en la provincia de Galápagos con 5,84 kWh/m<sup>2</sup>/día (para revisar la irradiación global promedio anual de las principales ciudades del Ecuador ver anexo 5). Este último punto resalta la importancia de realizar la propuesta en la ciudad de Quito.

## Demanda de GLP en el DMQ

Según datos del Censo de Población y Vivienda de 2010, 96,6% de los hogares del DMQ consumen GLP como combustible principal para cocinar. Si se analiza esta estadística por sectores se tiene que el 96,6% de los hogares urbanos y el 98,8% de los hogares rurales utilizan gas como combustible principal para cocinar. Estos datos, reflejan la alta demanda que tiene este combustible en la sociedad, sin embargo como se analizó anteriormente, hay que tener en cuenta que las personas no utilizan solamente el gas para cocinar, sino que se lo utiliza para más actividades como calefacción, transporte, negocio y calentamiento de piscinas y jacuzzis. Por esta razón es fundamental segmentar el uso utilizando los datos de la ECV de 2006.

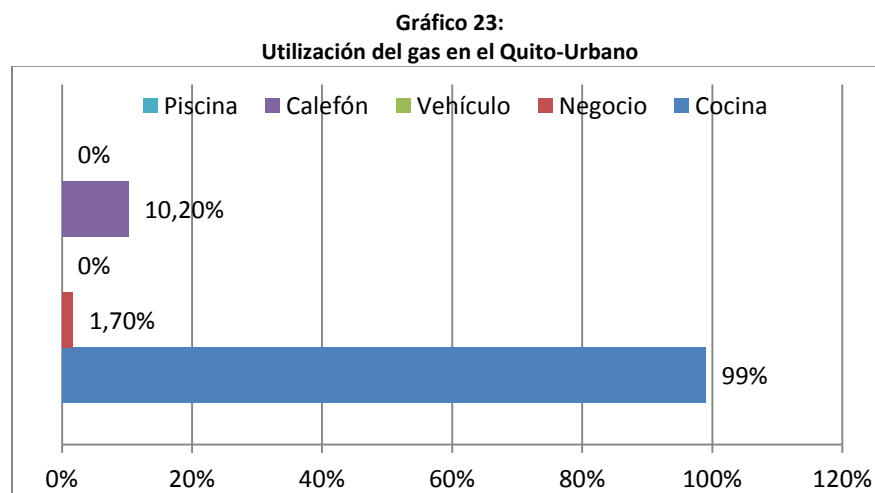
**Gráfico 22:**  
**Hogares que compraron gas el último mes en Quito-Urbano**



**Fuente:** INEC, Encuesta de Condiciones de Vida, 2006.

**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez

La pregunta 4 de la parte B de la sección 1 de la ECV de 2006, la cual hace referencia a las fuentes de energía que utiliza el hogar, estableció que el 91,6% de los hogares del Quito-Urbano compraron gas doméstico durante el mes pasado (gráfico 22). De ese porcentaje, la compra de gas se destinó de la siguiente manera: 99% al uso de cocina, 10,20% al uso de calefón, 1,70% para uso de negocio y no se destinó ninguna bombona en calentamientos de piscinas y como combustible para vehículos (gráfico 23). Hay que tener en cuenta, que los datos obtenidos de esta encuesta no son totalmente reales, por el simple hecho que hay actividades ilegales o indebidas en las que se utilizan GLP como son el calentamiento de piscinas y como combustibles para vehículos; por esta razón los hogares encuestados tienden a esconder su uso real.



**Fuente:** INEC, Encuesta de Condiciones de Vida, 2006.

**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez

Debido a que la propuesta de la presente disertación se centra en sustituir el consumo ineficiente del GLP en el uso del calefón por energía solar térmica para calentamiento de agua, es fundamental conocer a cuantos hogares beneficiará la propuesta. Según los datos presentados anteriormente, solamente el 10,20% de los hogares del DMQ consumen el gas y lo destinan al uso del calefón del 91,6% de hogares que compraron el derivado durante el mes pasado; esto significa que 43.856 hogares serán los beneficiados con la puesta en marcha de la propuesta.

Por último, uno de los principales problemas que encierra el subsidio al GLP es su mala utilización en actividades no domésticas, como el uso del mismo en calefones (10,20% hogares DMQ), ocasionadas por su bajo de precio de venta. Este problema no ha permitido el desarrollo de tecnologías de fuente renovable en el Ecuador, como la energía solar térmica para calentamiento de agua, la cual será desarrollada a continuación.

## ***La energía solar térmica para calentamiento de agua como tecnología alternativa***

En el Ecuador, el desconocimiento de las tecnologías que envuelven la utilización de energía solar como fuente de energía es grande. De las pocas personas que conocen de esta tecnología, plantean que su aplicabilidad en el país es lejana, principalmente por los altos costos de inversión que posee la misma y porque la distorsión en los precios que ha generado los subsidios en el país, específicamente el subsidio al GLP, hacen que las personas al momento de satisfacer su necesidad de tener agua caliente en sus hogares se inclinen por tecnologías convencionales como el calefón a gas.

La finalidad de esta parte de la investigación es romper esas barreras y demostrar que las tecnologías que envuelven el uso de energía solar, en especial la energía solar térmica para calentamiento de agua, es aplicable en el país y tiene los suficientes argumentos para sustituir a las tecnologías convencionales que utilizan combustibles fósiles para su consumo; tomando como referencia la experiencia internacional en el desarrollo de la misma. Para lograr este cometido, esta sección se estructurará de la siguiente manera: primeramente se analizará el estatus mundial de la energía solar térmica para calentamiento de agua, con el objetivo de conocer cómo se ha desarrollado el mercado de este tipo de energía, y cómo ha contribuido la misma con la oferta energética y a la mitigación del cambio climático (con la reducción de CO<sub>2</sub>). A continuación, se estudiará profundamente la tecnología de paneles solares térmicos, empezando por conocer su funcionamiento, las barreras que impiden su difusión, sus beneficios y las políticas y/o proyectos que han implementado diversos países para el desarrollo de la misma, siendo importante este último punto para realizar la propuesta de la investigación. Por último se realizará un análisis del estatus de la energía solar térmica para calentamiento de agua en el Ecuador, para conocer la problemática que afronta este tipo tecnología en el mercado de agua caliente sanitaria.

### ***Estatus mundial de la energía solar térmica***

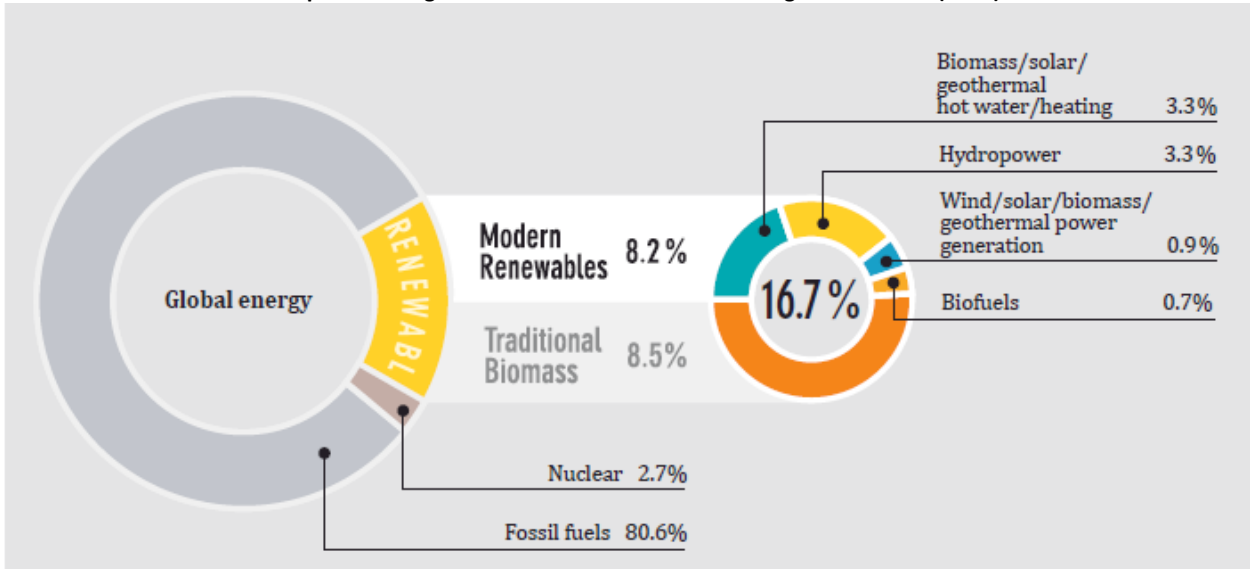
Para analizar el estatus de la energía solar térmica para calentamiento de agua se partirá primeramente examinando la participación de las energías renovables en la oferta global de energía, con el fin de tener una idea del panorama macro que envuelve la tecnología de paneles solares térmicos. A continuación se analizará el desarrollo mundial del mercado de energía solar térmica para calentamiento de agua, con el objetivo de conocer cómo se desenvuelve la oferta y la demanda de este tipo de tecnología a nivel mundial.

#### **Participación energías renovables en la oferta global de energía**

En el año 2010, la energía renovable contribuyó a la oferta energética mundial en un 16,7%. De este porcentaje aproximadamente el 8,2% provino de energías renovables modernas como la energía hidroeléctrica, eólica, geotermal, biocombustibles y solar, tal como lo indica el gráfico 24 (REN21, 2012: 21). Dentro de este porcentaje de energías renovables modernas, la energía solar térmica para

calentamiento de agua representa el 3,3%, porcentaje nada bajo comparado con otras energías renovables como los biocombustibles los cuales representan tan sólo el 0,7%.

**Gráfico 24:**  
**Participación energías renovables en el escenario energético mundial (2010)**

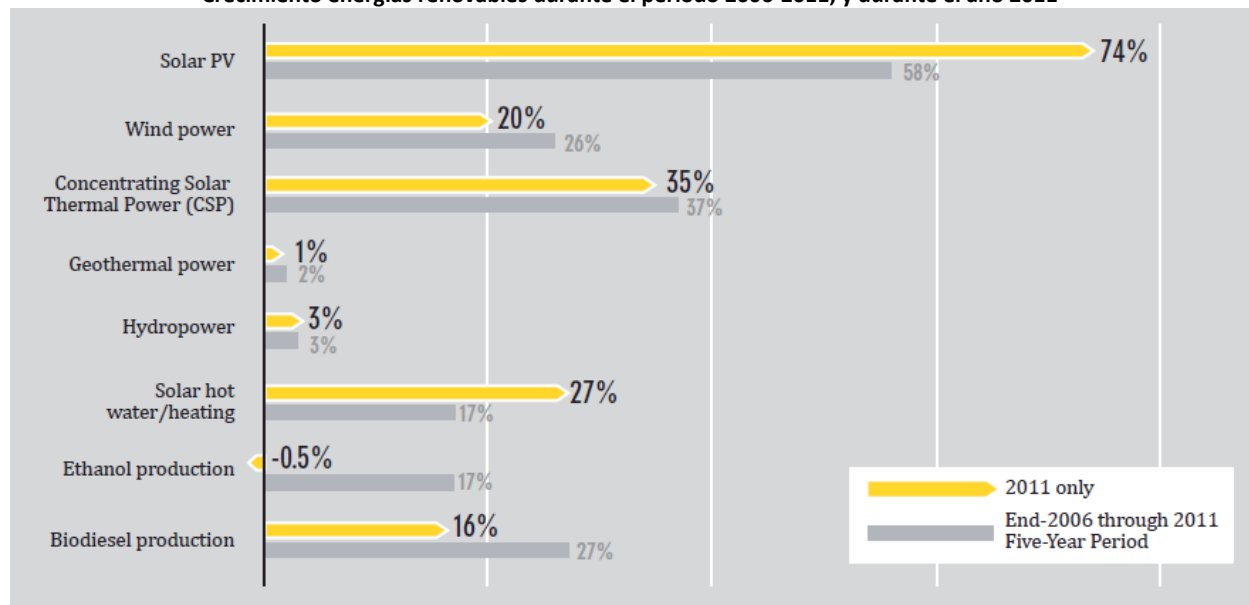


**Fuente:** REN21, Renewables 2012 Global Status Report, 2012  
**Elaboración:** REN21

Por otra parte, durante el período 2006-2011 la capacidad instalada total global de muchas tecnologías de energías renovables ha crecido a tasas muy altas (REN21, 2012: 21). El gráfico 25 visualiza que la energía solar fotovoltaica (PV) ha sido la tecnología que más rápido crecimiento ha tenido con un tasa del 58% anual durante el período. Las tecnologías que le siguen son la energía solar térmica concentrada (CSP) para generación eléctrica con una tasa de crecimiento del 37% anual, y la energía eólica con una tasa del 26%. La energía solar térmica para calentamiento de agua y aire ha tenido un crecimiento del 17% anual durante los 5 años del período, uno de los más bajos comparados con los otros tipos de energía; esto no significa que el desarrollo de este tipo de tecnología esté decreciendo, sino que las otras energías crecen a un mayor ritmo, este argumento se evidencia con el crecimiento del 27% durante el año 2011 de este tipo de energía, siendo esta tasa de crecimiento la tercera más alta durante ese año.



**Gráfico 25:**  
**Crecimiento energías renovables durante el periodo 2006-2011, y durante el año 2011**



Fuente: REN21, Renewables 2012 Global Status Report, 2012

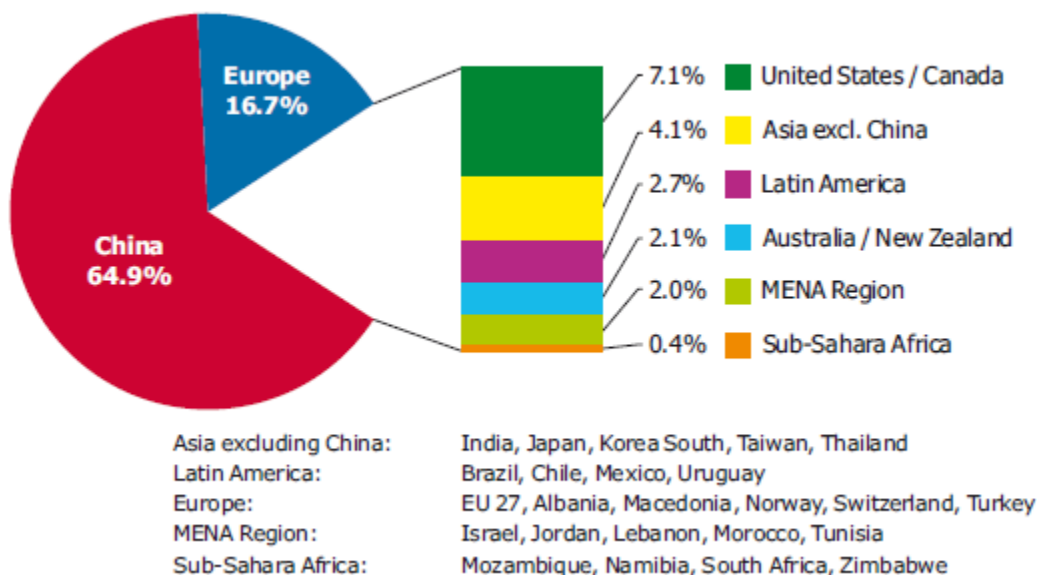
Elaboración: REN21

## **Energía solar térmica: capacidad instalada a nivel mundial (a fines de 2011)**

Al final del año 2011, la capacidad de operación mundial de los paneles solares térmicos era de 234,6 GW<sub>th</sub> correspondientes a 335,1 millones de metros cuadrados de capacidad instalada alrededor de 56 países como: China, EEUU, Canadá, Australia y la Unión Europea principalmente. Estos 56 países representan 4,3 billones de personas, es decir, 61% de la población mundial, lo que se traduce en que aproximadamente más de la mitad de la población mundial consume energía solar térmica ya sea para calentamiento de agua o calefacción de espacios. (Weiss & Mauthner, 2013: 8)

Los 234,6 GW<sub>th</sub> de capacidad instalada a nivel mundial se encuentran distribuidos de la siguiente manera (véase gráfico 26): China posee el 64,9% de la capacidad instalada (152,2 GW<sub>th</sub>), seguido de la Unión Europea con 16,7% (39,3 GW<sub>th</sub>), EEUU y Canadá 7,1% (16,7 GW<sub>th</sub>); estos países representan el 88,7% de la capacidad instalada mundial. Por otro lado, la capacidad instalada restante se encuentra compartida de la siguiente manera: países asiáticos (India, Japón, Corea del Sur, Taiwán y Tailandia) 4,1% (9,6 GW<sub>th</sub>), Latinoamérica (Brasil, Chile, México y Uruguay) 2,7% (6,3 GW<sub>th</sub>), Australia y Nueva Zelanda 2,1% (4,9 GW<sub>th</sub>), región del MENA (Israel, Jordania, Líbano, Marruecos y Túnez) 2% (4,7 GW<sub>th</sub>), y los países africanos del Sub-Sahara (Mozambique, Namibia, Sudáfrica y Zimbawe) 0,4% (0,9 GW<sub>th</sub>). (Weiss & Mauthner, 2013: 8)

**Gráfico 26:**  
Participación total de la capacidad instalada en operación de energía solar térmica por regiones económicas (2011)



Fuente: Weiss & Mauthner, Solar Heat Worldwide, 2013

Elaboración: Weiss & Mauthner

El análisis anterior plantea que la mayoría de la capacidad instalada mundial de energía solar térmica se encuentra en países que poseen un PIB muy alto, es decir, en países ricos. La razón por la que se da esto, es porque estos países están conscientes de que los recursos convencionales, como los combustibles fósiles, son cada vez más escasos, por esta razón, invierten grandes sumas de dinero en investigación y desarrollo de este tipo de tecnología, con lo cual aseguran la oferta de energía por los años siguientes y de paso ayudan a mitigar los problemas medioambientales.

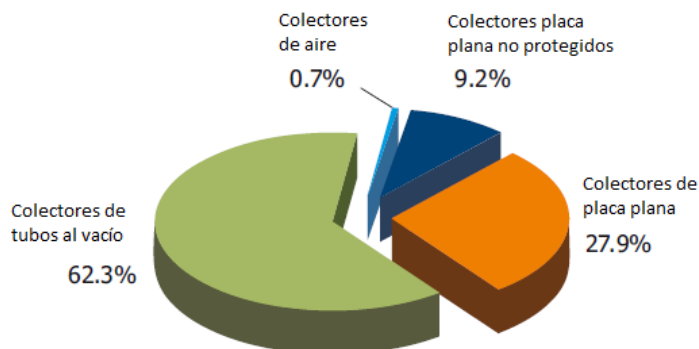
## Desarrollo del mercado de energía solar térmica mundial en el período 2000-2011

El informe sobre la contribución de la energía solar térmica en la oferta energética mundial para el año 2013 realizado por el Solar Heating & Cooling Programme (Weiss & Mauthner, 2013) realiza un análisis sobre el desarrollo a nivel mundial del mercado de la energía solar térmica durante el período 2000-2011 en función de los tipos de equipos utilizados a nivel doméstico<sup>6</sup> que envuelven a esta tecnología.

En el año 2011, la capacidad instalada de energía solar térmica estuvo compuesta de la siguiente manera (véase gráfico 27): colectores de placa plana protegidos con 65,4 GW<sub>th</sub> (93,4 millones de metros cuadrados), colectores de placa plana no protegidos con 21,5 GW<sub>th</sub> (30,7 millones de metros cuadrados), colectores de tubo de vacío con 146,1 GW<sub>th</sub> (208,8 millones de metros cuadrados), finalmente colectores de aire protegidos y no protegidos con 1,5 GW<sub>th</sub> (2,2 millones de metros cuadrados). (Weiss & Mauthner, 2013: 10)

<sup>6</sup> El análisis a nivel doméstico no incluye actividades de índole industrial.

**Gráfico 27:**  
**Distribución de la capacidad instalada de energía solar térmica por tipo de equipo (2011)**



**Fuente:** Weiss & Mauthner, Solar Heat Worldwide, 2013

**Elaboración:** Weiss & Mauthner

Este gráfico indica que a nivel mundial durante el año 2011 los paneles solares de tubos al vacío y de placa plana protegidos fueron los más demandados con el 90,2% de la capacidad instalada. Este porcentaje muestra que a nivel mundial la energía solar térmica es utilizada mayormente en el calentamiento de agua sanitaria para uso de hogares, dejando a un lado otros usos como calentamiento de agua para piscinas con el 9,2%.

En este sentido, si se analiza el desenvolvimiento de la energía solar térmica para calentamiento de agua sanitaria para uso de hogares durante el período 2000-2011, se obtiene que este tipo de tecnología ha tenido un crecimiento sostenido durante estos 11 años con una tasa de crecimiento promedio del 20%, tal como lo indica el gráfico 28 (Weiss & Mauthner, 2013: 21), demostrando que cada año la demanda de energía solar térmica para calentamiento de agua sanitaria aumenta.

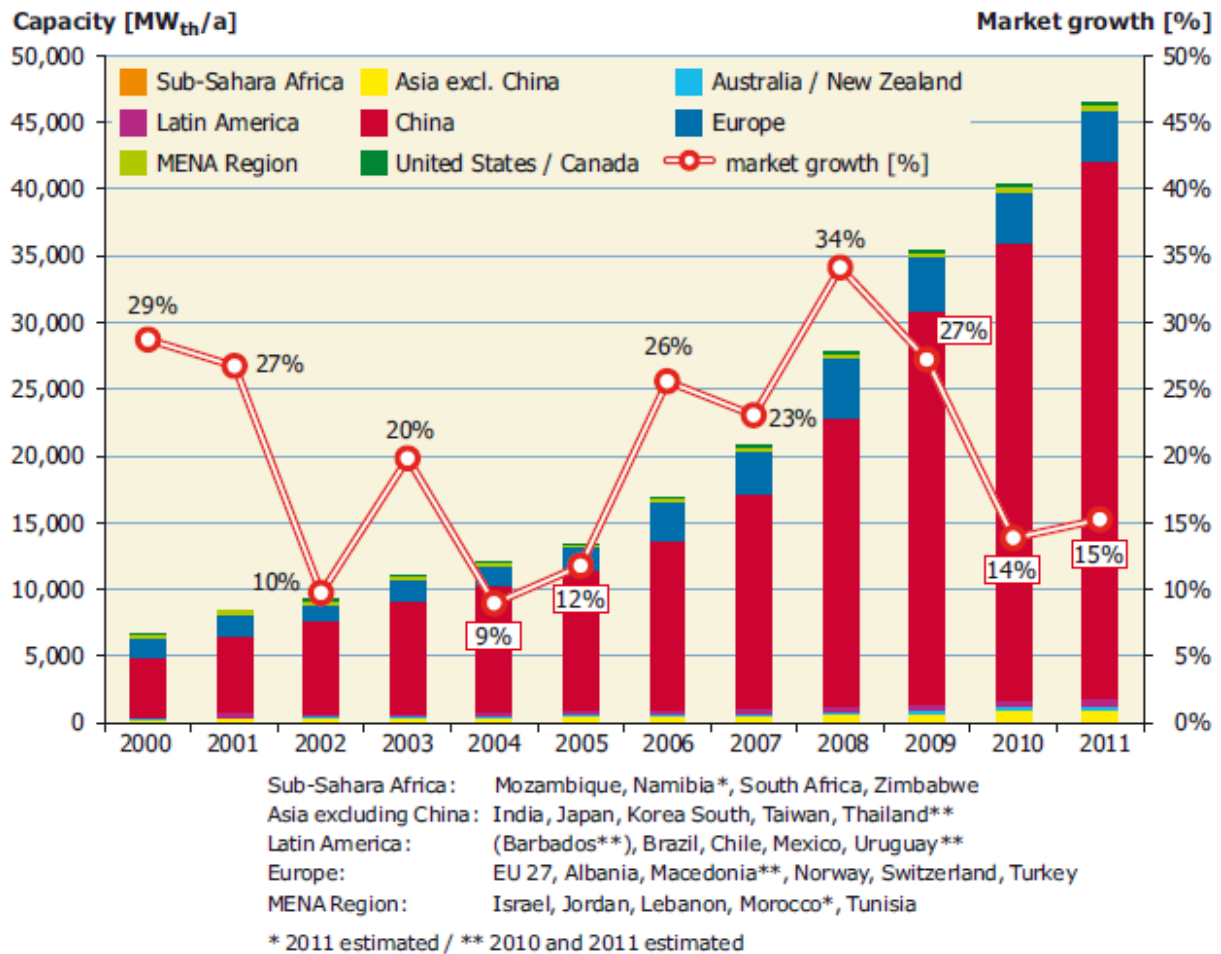
El país responsable de este crecimiento acelerado ha sido China (véase gráfico 28), el cual ha liderado el mercado de este tipo de colectores solares tanto en la producción como en el consumo, con casi dos tercios de la capacidad mundial (Martinot & Junfeng, 2007). Muestra de esto son los 40 millones de sistemas solares de agua caliente para uso de hogares instalados en este país, lo cual demuestra que cerca del 10% de los hogares chinos utilizan la energía solar para calentamiento de agua. El desarrollo chino en este tipo de tecnologías alternativas para la generación de energía se debe a 4 factores principalmente:

- La población de este país es de 1,3 billones de personas.
- China es el segundo país en el mundo que más consume energía en el mundo.
- La energía en China proviene de combustibles fósiles y de hidroeléctricas, la utilización de combustibles fósiles aumenta cada día por el incremento del estándar de vida de los habitantes<sup>7</sup>.
- China se encuentra a un paso de sobrepasar a EEUU como el país que más CO<sub>2</sub> emite en el mundo.

---

<sup>7</sup> Un dato a tomar en cuenta es que China importa más de la mitad de los combustibles fósiles que utiliza.

**Gráfico 28:**  
Capacidad instalada anual de colectores de placa plana protegidos y de tubos de vacío a nivel mundial, años 2000-2011

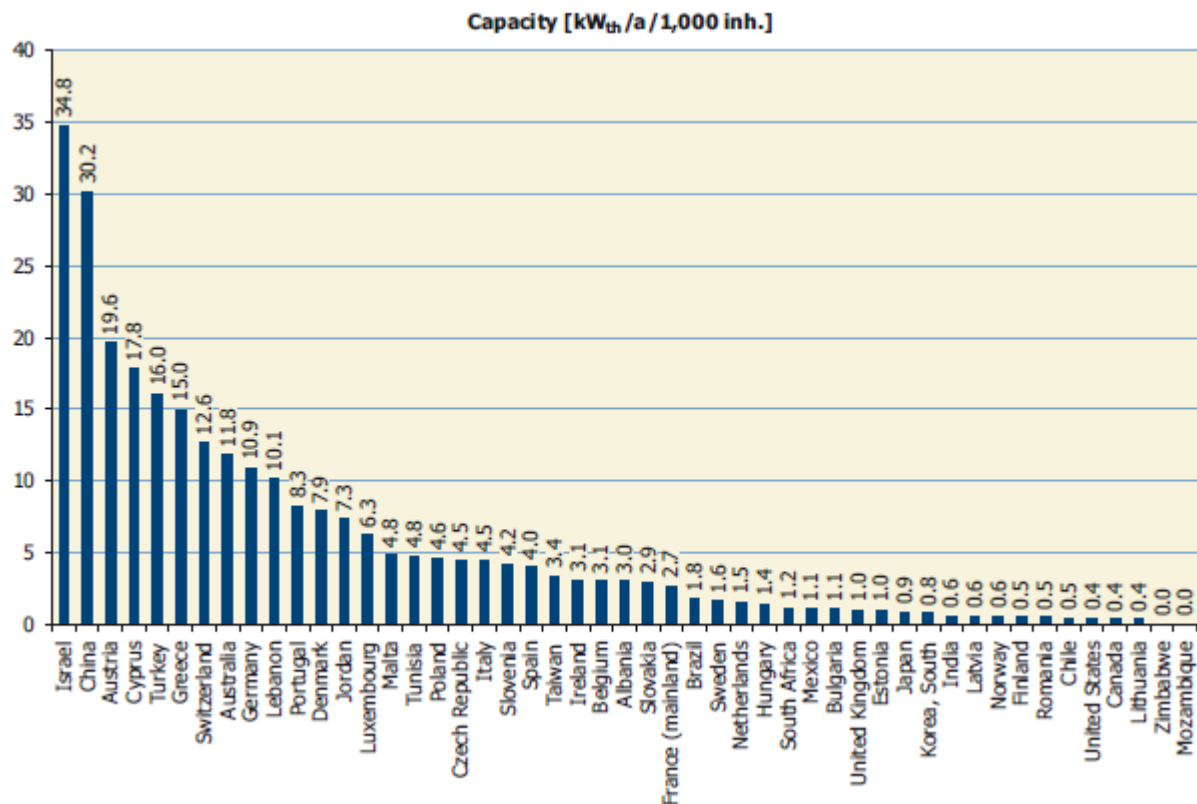


**Fuente:** Weiss & Mauthner, Solar Heat Worldwide, 2013

**Elaboración:** Weiss & Mauthner

Por otra parte, si se traslada el análisis a nivel un per cápita durante el año 2011, se obtiene que el país que más consume paneles solares térmicos para calentamiento de agua sanitaria para uso de hogares es Israel con  $34,8 \text{ kW}_{\text{th}}$  por cada 1000 habitantes, seguido de China ( $30,2 \text{ kW}_{\text{th}}$  por cada 1000 habitantes) y Austria ( $19,6 \text{ kW}_{\text{th}}$  por cada 1000 habitantes) (gráfico 29) (Weiss & Mauthner, 2013: 20). La razón por la que estos países utilizan la energía solar térmica para calentamiento de agua sanitaria en mayor proporción se debe primeramente a las condiciones climáticas que favorecen el uso de este tipo de tecnologías (en especial en países como Israel), segundo en aquellos países existen normativas en la construcción de edificios nuevos que incentivan la adopción de este tipo de tecnologías (el tema de incentivos se desarrollará profundamente más adelante en esta sección).

**Gráfico 29:**  
**Capacidad instalada por cada 1000 habitantes de energía solar térmica para calentamiento de agua sanitaria para uso de hogares, durante el año 2011**



**Fuente:** Weiss & Mauthner, Solar Heat Worldwide, 2013

**Elaboración:** Weiss & Mauthner

## **Energía solar térmica, ¿cómo contribuye a la reducción de emisiones de $\text{CO}_2$ y al ahorro de energía proveniente del uso de combustibles fósiles?**

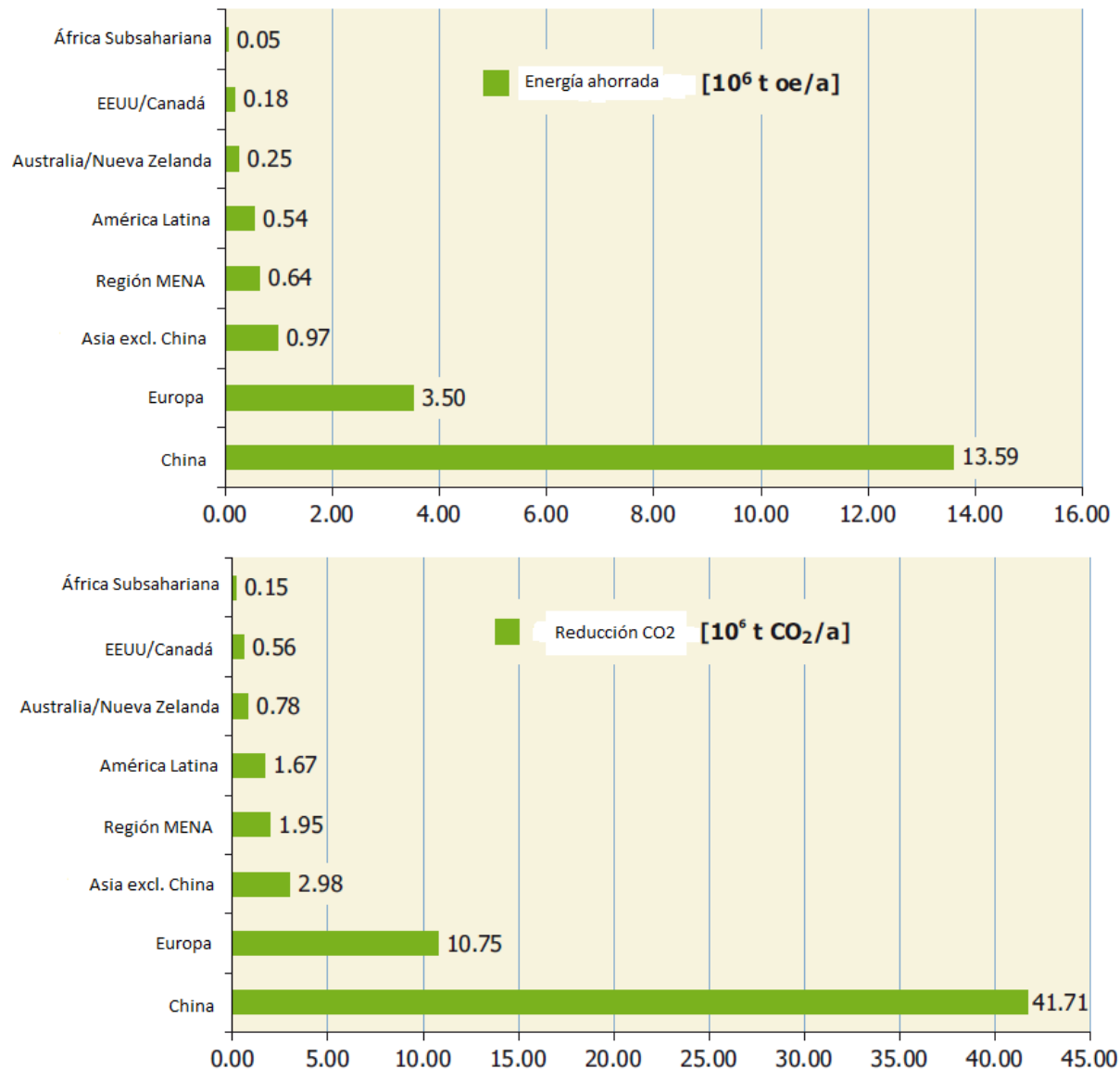
Uno de los fines de la realización de la siguiente investigación es fomentar un desarrollo sustentable en el país, fomentando la mitigación del cambio climático, con la puesta en marcha de la utilización de energía solar térmica para calentamiento de agua sanitaria para sustituir el consumo ineficiente del subsidio al GLP por el uso en calefones. Por esta razón es fundamental conocer cuántas toneladas de  $\text{CO}_2$  y cuanta energía proveniente de combustibles fósiles se está ahorrando con la capacidad instalada de energía solar térmica, en especial la de calentamiento de agua, a nivel mundial; es decir, cuales son los beneficios que genera la capacidad instalada de energía solar térmica para calentamiento de agua a nivel global.

Al final de 2011, el rendimiento anual de la energía solar térmica en operación, en 56 países, fue de 195.500  $\text{GW}_{\text{th}}$  (=704.000 TJ). Esta cifra es equivalente a 20,9 millones de toneladas de petróleo y a reducciones anuales de  $\text{CO}_2$  de 64,1 millones de toneladas (Weiss & Mauthner, 2013: 25). Como se analizó anteriormente, la energía solar térmica tiene su mayor aplicación a nivel mundial en el calentamiento de agua sanitaria para uso de hogares, en este sentido a finales de 2011, la energía solar

térmica para calentamiento de agua sanitaria tenía una capacidad instalada en operación de 211,5 GW<sub>th</sub> y un rendimiento anual de 183.500 GWh (=660.800 TJ), los cuales son equivalentes a 19,7 millones de toneladas de petróleo y 60,6 millones de toneladas de reducción de CO<sub>2</sub>.

Por otra parte, si se realiza este mismo análisis por región económica (gráfico 30) se tiene que China (13,59 millones de toneladas de petróleo y 41,71 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> reducidas) y la Unión Europea (3,5 millones de toneladas de petróleo y 10,75 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> reducidas) son las regiones que más toneladas de CO<sub>2</sub> reducen al año y más energía proveniente de combustibles fósiles ahorra, por el hecho de ser las regiones que mayor capacidad instalada mundialmente de energía solar térmica para calentamiento de agua (Weiss & Mauthner, 2013: 31-33).

**Gráfico 30:**  
Energía ahorrada y reducción de CO<sub>2</sub> por regiones económicas en el uso de energía solar térmica para calentamiento de agua durante el año 2011.



Fuente: Weiss & Mauthner, Solar Heat Worldwide, 2013

Elaboración: Weiss & Mauthner

## ***Energía solar térmica para calentamiento de agua sanitaria***

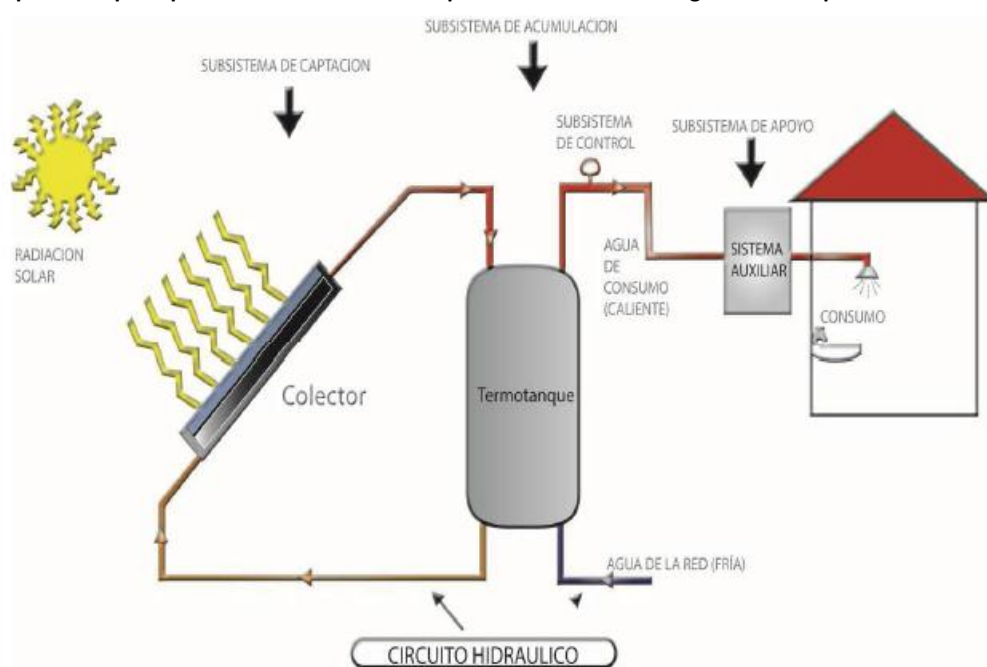
Como se explicó anteriormente, la energía solar térmica puede ser utilizada para calentamiento de agua y para brindar calefacción y/o enfriamiento en espacios. Para efectos de esta investigación, el análisis se centrará en el uso de energía solar térmica para calentamiento de agua sanitaria en hogares, ya que el objetivo de esta disertación es sustituir el consumo del subsidio al GLP en calefón por parte de los hogares del DMQ, con este tipo de tecnología.

En este sentido, será de vital importancia familiarizarse con el entorno que envuelve la energía solar térmica para calentamiento de agua, es decir, con su funcionamiento y características de los distintos tipos de paneles solares que existen en el mercado; ya que esto permitirá tener un mejor panorama al momento de realizar la propuesta porque se tendrá mejores argumentos para estimar con mayor precisión los costos y beneficios, de este tipo de tecnología, durante el análisis costo-beneficio (valga la redundancia).

## Funcionamiento

Un sistema solar térmico (SST) para calentamiento de agua sanitaria para uso residencial se encuentra conformado por los siguientes componentes principales: un panel solar, un tanque de almacenamiento, un sistema de control, las acometidas hidráulicas con los elementos de seguridad y un sistema de apoyo, tal como lo indica el gráfico 31. (CENEC, 2011:13)

**Gráfico 31:**  
**Componentes principales sistema solar térmico para calentamiento de agua sanitaria para uso residencial**



**Fuente:** CENEC, Normativa Ecuatoriana de la Construcción 2011

**Elaboración:** CENEC

Esta tecnología funciona de la siguiente manera: primeramente el panel solar capta y transforma la energía radiante del sol en calor, la cual se transfiere al fluido de trabajo por conducción. Este fluido se mueve entre el tanque de reserva y el panel solar por diferencia de temperatura, de forma natural o forzada. Cuando hay consumo de agua caliente, ésta es reemplazada por agua fría de la red que alimenta al tanque termosolar, para que el ciclo se repita nuevamente. (CENEC, 2011:13)

Para entender de mejor manera el funcionamiento de los sistemas solares térmicos para calentamiento de agua de uso residencial, es necesario conocer la función que tiene cada uno de sus componentes.



Según el CENEC (2011:14) los componentes de este tipo de tecnología pueden ser clasificados en tres subsistemas esenciales y dos subsistemas secundarios, los cuales permiten el funcionamiento eficaz del sistema total:

Subsistemas esenciales:

- Sistema de captación: formado por los colectores solares, encargados de transformar la radiación solar incidente en energía térmica de forma que se caliente el fluido de trabajo (generalmente agua) que circula por ellos.
- Sistema de acumulación: constituido por el tanque termosolar, encargado de almacenar agua caliente.
- Sistema de apoyo: energía convencional auxiliar, que sirve para complementar la contribución solar suministrando la energía necesaria para cubrir la demanda prevista, garantizando la continuidad del suministro de agua caliente en los casos de escasa radiación solar o demanda superior a la prevista.

Subsistemas secundarios:

- Circuito hidráulico: constituido por las tuberías, bombas, válvulas, etc., que se encarga de establecer el movimiento del fluido del sistema.
- Sistema de regulación y control: que se encarga de asegurar el correcto funcionamiento del equipo para proporcionar la máxima energía solar térmica posible y que actúa como protección frente a la acción de factores como sobrecalentamiento y otros.

## **Clasificación de los sistemas solares térmicos para calentamiento de agua**

Los SST para calentamiento de agua se los puede clasificar en dos grandes grupos, por tipo de panel solar empleado y por los sistemas de distribución del agua.

### **Por tipo de panel solar**

Los paneles solares son dispositivos que permiten la transformación en calor de la energía radiante procedente del sol con procesos añadidos de transferencia de calor mediante radiación, conducción y convección (CENEC, 2011:15). Los colectores solares más empleados en el calentamiento de agua para uso de hogares son los de placa plana y los de tubos al vacío.

#### **Paneles solares de placa plana**

Son los colectores solares más usados para calentamiento de agua en hogares. Estos colectores pueden ser protegidos (glazed collector) con un vidrio que limita las pérdidas de calor, y no protegidos (unglazed collector) utilizados principalmente en el calentamiento de piscinas. Un típico colector de placa plana está compuesto por cuatro elementos principalmente: la cubierta transparente, la placa captadora, el aislante y la carcasa. A continuación la función que cumplen cada uno de los elementos (véase gráfico 32).

Cubierta transparente:

La cubierta transparente es la encargada de producir el efecto invernadero, reducir las pérdidas por convección y asegurar la estanqueidad del colector al agua y al aire, en unión con la carcasa y las juntas. El

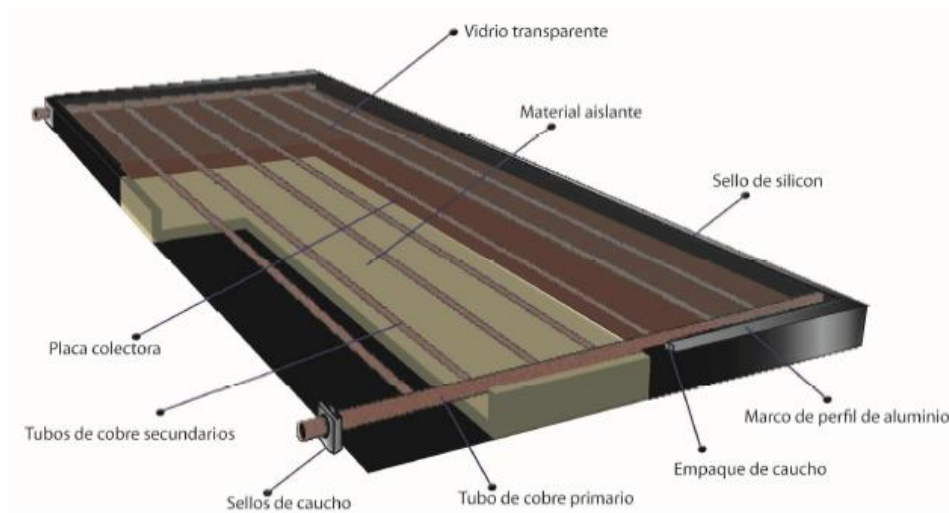
efecto invernadero logrado por la cubierta consiste en que una parte de la radiación que ha atravesado la cubierta y llega a la placa captadora es reflejada hacia la cubierta transparente, con una longitud de onda para la cual ésta es opaca, con lo que se consigue retener la radiación en el interior. (PROCOBRE, 2012:1)

Placa captadora: “Absorber de la forma más eficiente posible la radiación solar y transformarla en energía térmica utilizable mediante su transferencia al fluido caloportador” (PROCOBRE, 2012: 2)

Aislante térmico: Proteger la placa captadora en su parte posterior y lateral para evitar las pérdidas de calor térmico hacia el exterior. (PROCOBRE, 2012: 3)

Carcasa: “Es la encargada de proteger y soportar los elementos que constituyen el colector solar, además de servir de enlace con el edificio, por medio de los soportes”. (PROCOBRE, 2012: 4)

**Gráfico 32:**  
**Colector solar de placa plana**



**Fuente:** CENEC, Normativa Ecuatoriana de la Construcción 2011

**Elaboración:** CENEC

## **Paneles solares de tubos al vacío**

También llamados colectores solares de tubos evacuados están conformados:

Por dos tubos concéntricos entre los cuales se ha aspirado el aire produciéndose un vacío. En uno de los extremos ambos tubos se unen sellándose el vacío. Dentro de ambos tubos se sitúan los distintos tipos de absorbedores que determinan los distintos sistemas. (SITIOSOLAR, 2012: párr. 14)

Existen actualmente dos esquemas generales de tubos al vacío: los colectores de flujo directo y los de flujo indirecto o heat pipe.

Los colectores de flujo directo están compuestos (gráfico 33):

En el interior por una plancha de material absorbente adherida al tubo evacuado, que hace las veces de absorbedor, transformando la radiación solar en calor. El absorbedor es recorrido en una superficie por un tubo con flujo directo en el que circula un fluido que eleva su temperatura en contacto con él.

Por otra parte, los colectores de tubo de vacío de flujo directo tienen la ventaja de poder adoptar una posición tanto horizontal como vertical sin mermar su rendimiento ya que el tubo puede rotar sobre su eje inclinándose el absorbedor de la manera más adecuada.

Además tiene la ventaja además de ser utilizable en áreas frías ya que permite usar las estrategias contra la congelación de uso general en la energía solar térmica. (SITIOSOLAR, 2012: párr. 18)

**Gráfico 33:**  
**Colector solar de flujo directo**



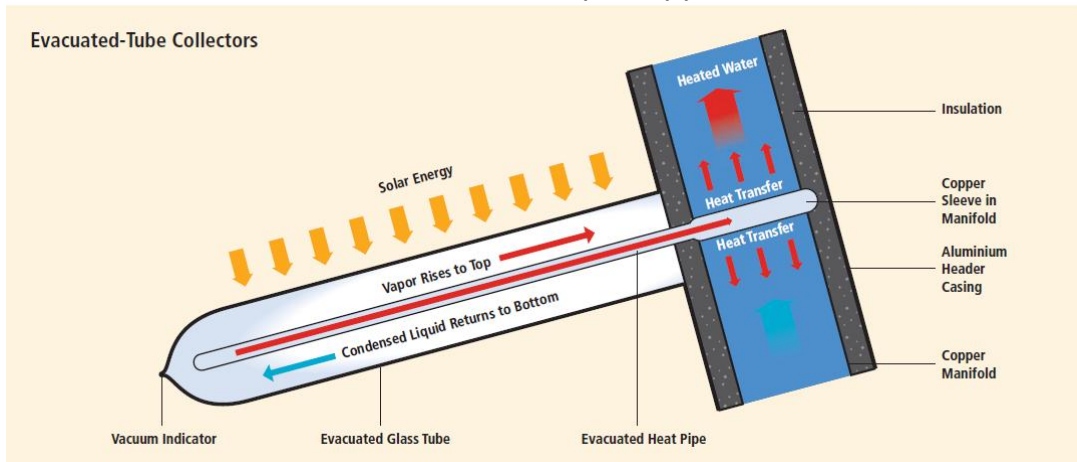
**Fuente y elaboración:** Solaire

Este tipo de colector solar emplea la tecnología heat pipe (tubo de calor) (gráfico 34):

Este mecanismo consiste en un tubo cerrado en el cual se introduce un fluido de propiedades específicas. Cuando el Sol incide sobre el absorbedor adosado al tubo, el fluido se evapora y absorbe calor (calor latente). Como gas asciende sobre el líquido hasta lo alto del tubo donde se sitúa el foco frío. Allí se licua (condensa) y cede su calor latente al fluido que nos interesa calentar volviendo a caer al fondo del tubo por gravedad. Este proceso se repite mientras dure la radiación del Sol o hasta que el colector ha alcanzado una temperatura muy alta (de en torno los 130 grados o más). El Heat Pipe o tubo de calor es considerado como un superconductor térmico por lo eficaz de su funcionamiento. (SITIOSOLAR, 2012: párr. 19).

Por último, se dice que este tipo de paneles solares son más eficientes que los colectores de tipo plano especialmente en días fríos ventosos o nubosos, donde la concentración y el aislamiento de la superficie captadora presentan ventajas sobre la superficie captadora de los paneles planos (CENEC, 2011:16); sin embargo la cuestión de la eficiencia depende totalmente de la tecnología empleada en las placas captadoras.

**Gráfico 34:**  
**Colector solar de tipo heat pipe**



Fuente: IPCC, Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, 2012

Elaboración: IPCC

## Por los sistemas de distribución del agua

Como se mencionó anteriormente, una parte fundamental de los SST para calentamiento de agua de uso residencial es el transporte de los fluidos del panel solar al tanque termosolar, y de este último a los distintos puntos de consumo de agua dentro del hogar. El transporte de este tipo de fluidos se puede realizar a través de sistemas presurizados y no-presurizados (termosifón).

### Sistemas no-presurizados

Los sistemas no-presurizados también conocidos como sistemas de termosifón utilizan la diferencia de densidad del fluido de transferencia de calor entre el agua caliente y el agua fría, para lograr la circulación entre el panel solar y el tanque termosolar, siendo este último el que reparte el agua caliente hacia los distintos puntos de consumo del hogar. (CENEC, 2011:9)

### Sistemas presurizados

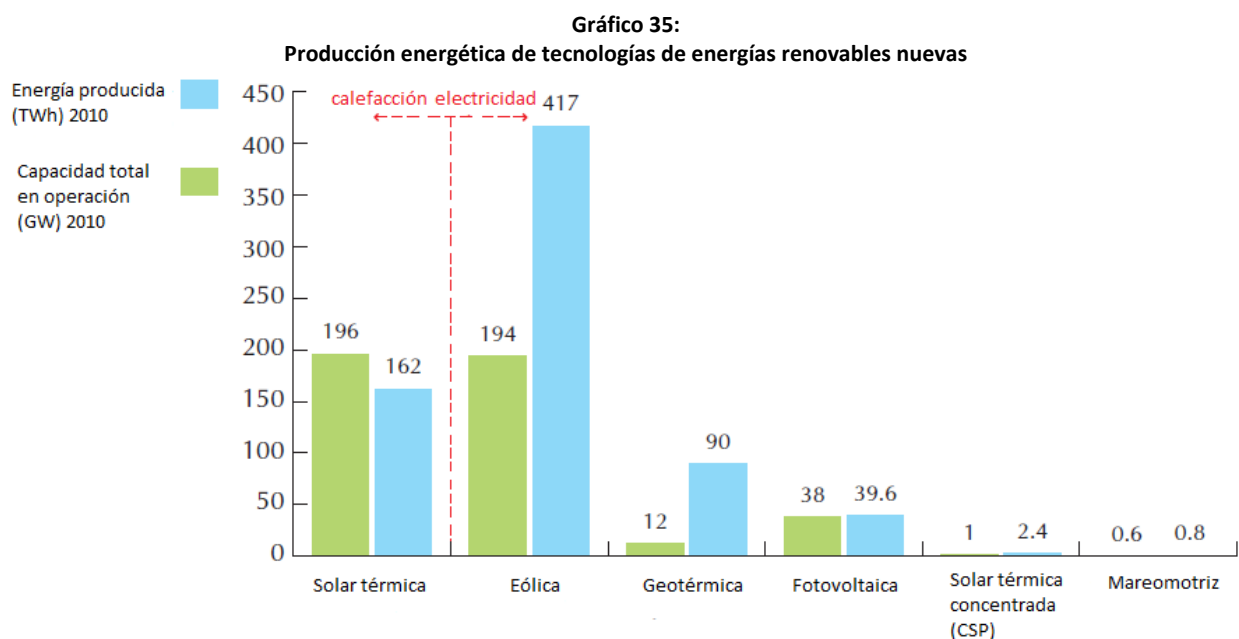
Los sistemas presurizados, utilizan bombas eléctricas y reguladores para presionar la circulación del agua desde el colector solar hacia el tanque de almacenamiento, a diferencia de los sistemas de termosifón que utilizan la gravedad para realizar este proceso. (Energy Spain, 2012: párr. 4)

## Beneficios

Los beneficios de este tipo de tecnología recaen principalmente en el ámbito ambiental, por ser una energía renovable que ayuda a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y al ahorro de energía proveniente del uso de combustibles fósiles (como se mencionó anteriormente). No obstante, el uso de energía solar térmica trae una serie de beneficios (externalidades positivas) con el entorno, en el ámbito económico, de salud y de seguridad energética. Como se ha señalado anteriormente, esta sección se enfocará solamente en los beneficios que lleva consigo la energía solar térmica para calentamiento de agua.

El uso de la energía forma parte del estilo de vida de cada una de las personas y es inherente al desarrollo de la sociedad moderna. Las tres fuentes de energía más importantes de nuestro tiempo son el petróleo, el carbón y el gas natural; todos ellos fruto de la acumulación de restos orgánicos en la naturaleza desde hace millones de años (IDAE, 2006: 65). El consumo desmedido de estas fuentes de energía convencionales ha ocasionado que las personas busquen otras fuentes de energía que aprovechen los recursos renovables (como la energía solar) para satisfacer sus necesidades y al mismo tiempo sean amigables y respetuosas con medio ambiente.

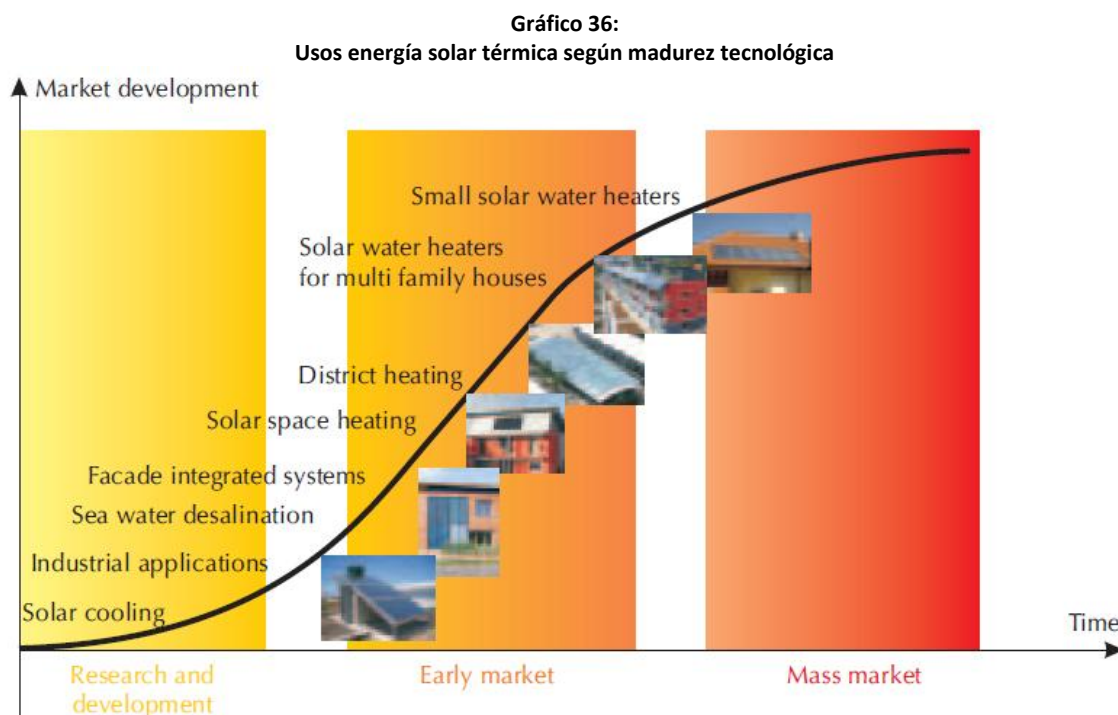
De esta manera, la energía solar térmica representa una de las más rentables aplicaciones de la energía solar en estos días, constituyéndose como la tecnología de mayor peso en el mercado de calefacción solar (ya sea para calentamiento de agua para consumo residencial, o de calefacción para espacios), produciendo casi cuatro veces más energía que todas tecnologías solares eléctricas combinadas (energía solar fotovoltaica, energía solar térmica para generación eléctrica), tal como lo indica el gráfico 35. (IEA, 2011: 69)



**Fuente:** IEA, Solar Energy Perspectives, 2011  
**Elaboración:** IEA

Por otra parte, la energía solar térmica para calentamiento de agua para uso de hogares es la aplicación más extendida y desarrollada del mercado de energía solar térmica. Su madurez tecnológica se encuentra a punto de alcanzar el mercado de masas, dejando atrás otras aplicaciones y usos como la calefacción solar de espacios, las aplicaciones a nivel de industria, las de enfriamiento solar, entre otras (ver gráfico 36). Esta madurez tecnológica se ha logrado por una serie de factores como su costo-competitividad con otras fuentes de energía convencionales (este punto se desarrollará en la siguiente sección), su temprana difusión a larga escala (desde los años 60 en países como Australia, Japón e Israel (IEA, 2012)), su eficiencia en cubrir las necesidades energéticas de los hogares (por ejemplo en España, un panel solar térmico cubre el 100% de la demanda de agua caliente durante el verano y del 50% al

80% del total a lo largo del año<sup>8</sup> (IDAE, 2006)), y finalmente por los incentivos económicos<sup>9</sup> propuestos por algunos gobiernos (como Austria y Alemania) para facilitar la accesibilidad de este tipo de tecnologías a los consumidores.



**Fuente:** IEA, Solar Energy Perspectives, 2011

**Elaboración:** IEA

Bajo este preámbulo, el cuadro 1 identifica los beneficios que trae consigo la instalación de energía solar térmica para calentamiento de agua de consumo residencial (IDAE, 2006:66-73; IPCC, 2012: 379; ESTTP, 2009: 16-17; González, 2012: 57-65):

<sup>8</sup> En países ubicados en la zona tórrida, como el Ecuador, un panel solar térmico puede alcanzar la máxima eficiencia.

<sup>9</sup> El tema de los incentivos económicos se desarrollará ampliamente en la siguiente sección.

**Cuadro 1:**  
**Beneficios paneles solares térmicos**

**Propio de  
la  
tecnología**

- Tecnología costo-competitiva por su vida útil promedio de 25 años y su periodo de amortización de la inversión de 10 a 15 años.
- Tecnología con costos predecibles en el futuro, debido a que gran parte de ellos ocurre al momento de realizar la inversión.
- Tecnología de muy bajo impacto ambiental, que no emite GEI y mitiga el cambio climático (su utilización por un año puede evitar la emisión de una tonelada de CO<sub>2</sub>).
- Tecnología que no deja huella ecológica cuando finaliza el periodo de explotación.
- Tecnología que no requiere costosos trabajos de extracción, transporte o almacenamiento, debido a que la energía se genera directamente de los puntos de consumo.

**Con el  
entorno**

- Reducción en el uso de tecnologías convencionales como gas y electricidad.
- Promueve la autosuficiencia energética de los hogares al no depender de la red eléctrica pública o de las compañías distribuidoras de GLP.
- Mejora sustancialmente la salud de las generaciones actuales y futuras, gracias a la no emisión de gases contaminantes.
- Genera una actividad económica que contribuye a la creación de empleos (28000 empleos en Europa en varios sectores de la cadena productiva como manufactura, marketing, diseño, ingeniería y ventas) e impulsa la creación de empresas locales.
- Reducción de costos en el futuro por la inversión en investigación y desarrollo por parte de las empresas fabricantes.
- Ahorro en gastos en tecnologías convencionales como gas y electricidad, y disminución de externalidades asociadas a este tipo de tecnologías.
- Fomenta una conciencia ambiental y cooperativista en la sociedad.
- En el caso ecuatoriano, la introducción del uso de paneles solares térmicos contribuye a la diversificación de la matriz energética y fomenta la elaboración de leyes pro ambientales.

**Fuente:** IDAE, 2006; IPCC, 2012; ESTTP, 2009; González, 2012

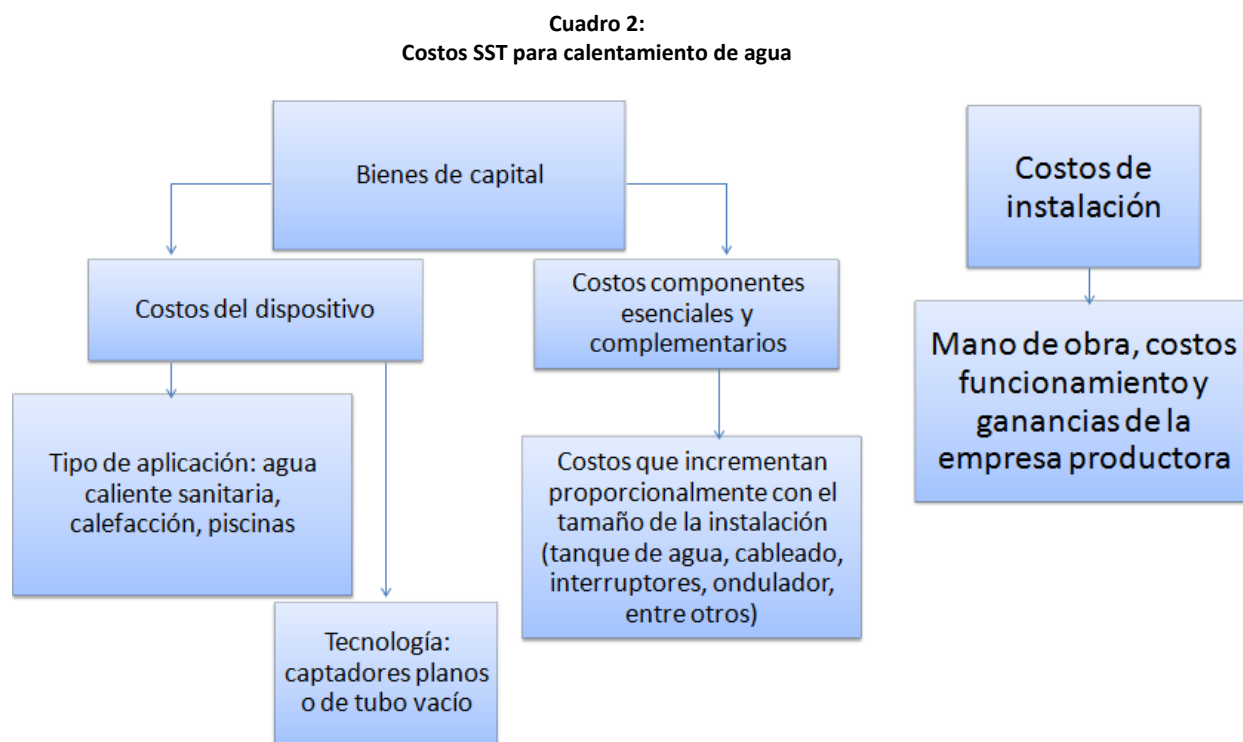
**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez

## Costos

Como se mencionó anteriormente, una de las barreras que impide el desarrollo de la energía solar térmica para calentamiento de agua en el Ecuador y en muchos otros países son los altos costos de inversión que envuelven este tipo de tecnología; por ende es fundamental analizar las características de composición de los mismos, ya que esto será primordial al momento de cuantificar los costos durante la realización del análisis costo-beneficio de la propuesta.

En las secciones pasadas se explicó que un SST para calentamiento de agua para uso residencial se encontraba conformado por los siguientes componentes principales: un panel solar, un tanque de almacenamiento, un sistema de control, las acometidas hidráulicas con los elementos de seguridad y un sistema de apoyo. Todos estos componentes poseen diferentes costos, los cuales se encuentran en función de la tecnología empleada en la fabricación de cada uno de ellos y en las necesidades del consumidor. Hay que tomar en cuenta, que adquirir un SST para calentamiento de agua, es equivalente a comprar cualquier otro bien, por ejemplo un automóvil; el costo final dependerá de las necesidades y del gusto del consumidor. Por otro lado, a los costos de los componentes del SST hay que sumarle los costos de instalación (que se realizan por una sola ocasión) y los costos de mantenimiento, los cuales son casi nulos por la alta tecnología que se emplea en la fabricación del SST.

De esta forma, Bergman & Jardine (2009) desglosa los costos de un SST para calentamiento de agua en bienes de capital y costos de instalación, tal como lo indica el cuadro 2:



**Fuente:** Bergman & Jardine, Power Power from the People, 2009.

**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez



Esta amplia gama en la composición de costos de un SST para calentamiento de agua hace que el costo final de los mismos posea una amplia brecha; por ejemplo en el Ecuador los precios de venta de los SST para calentamiento de agua de uso residencial van desde los 700 USD hasta los 5.000 USD (Montoya & Montoya, 2013; Vega, 2013), en donde los costos de los bienes de capital representan el 88% del costo final (la variación de costos del caso ecuatoriano se analizará más adelante).

Finalmente, la energía solar térmica para calentamiento de agua tiene una característica que hace que este tipo de tecnología sea costo-competitiva con los sistemas convencionales de calentamiento de agua en la actualidad, su vida útil. Al momento de adquirir un SST para calentamiento de agua los costos de los bienes de capital hacen que la inversión de esta tecnología implique altos montos de inversión; no obstante si se tiene en cuenta que la vida útil de un SST se encuentra en un rango de 25 a 30 años y que los costos de mantenimiento son prácticamente nulos, generan que la inversión en este tipo de tecnología se amortice en menor tiempo. Según IDAE (2006: 61):

El plazo habitual de amortización está entre los diez y los quince años. De esta manera, si tenemos en cuenta que la vida útil de la instalación supera los 25 años, se puede decir que tendremos agua caliente de forma gratuita durante mucho tiempo.

En la propuesta se profundizará este análisis, realizando los cálculos respectivos según la realidad y características del Ecuador.

## ***Barreras de difusión***

Las barreras de difusión, no son más que los obstáculos que tienen que sortear la energía solar térmica para poder despegar y hacer frente a las tecnologías convencionales que consumen combustibles fósiles principalmente. Estas barreras pueden ser clasificadas en tres grandes categorías: barreras técnicas, económicas e institucionales (Cédric, 2006:14). Al conocer las barreras se puede usar esta información de base para el desarrollo de la disertación, ya que una de las razones por las que se quiere implantar un subsidio a la energía solar térmica para calentamiento de agua en el país, además de contrarrestar el consumo ineficiente del subsidio al GLP en el uso de calefón, es para difundir y/o desarrollar este tipo de tecnología en el Ecuador.

### **Barreras técnicas**

Las barreras técnicas son todas aquellas que tienen relación con la tecnología empleada en el funcionamiento de los SST para calentamiento de agua. En este sentido, estos son los principales obstáculos que se han encontrado a través de los años de difusión de este tipo de tecnología a nivel mundial;

- En los comienzos del desarrollo de este tipo de tecnología (década de los setenta), la energía solar térmica para calentamiento de agua decepcionaba a sus consumidores por los pobres desempeños de la misma; por ejemplo durante esos años las pérdidas térmicas en el proceso de almacenamiento de calor eran 5 veces más que las originalmente esperadas (Cédric, 2006:14). Sin embargo estos problemas en la actualidad han podido ser sobrellevados por la mayor

tecnología empleada en la fabricación de los mismos y porque las personas han aprendido a operar estos equipos de manera eficiente<sup>10</sup>. Esta barrera aunque ya haya sido superada con el pasar de los años en países industrializados, en países en vías de desarrollo (como el Ecuador), en donde la energía solar térmica es una tecnología naciente, es una barrera a tomarse en cuenta.

- Falta de mano de obra calificada que instale correctamente los SST para calentamiento de agua en viviendas. Esta barrera se encuentra presente en todos los países, por el simple hecho de que la mayoría de viviendas se encuentran configuradas para el uso de tecnologías convencionales, lo cual implica mayores costos de instalación y por ende mayores costos finales (Cédric, 2006:15).

### **Barreras económicas**

Las barreras económicas tienen que ver con la relación entre los costos de la energía solar térmica para calentamiento de agua y la manera en que los consumidores afrontan los mismos. Conocer acerca de esta barrera es esencial para el desarrollo de la propuesta, ya que este obstáculo es la razón principal por la que no se ha difundido la energía solar térmica en el país. A continuación se presentan las barreras económicas más importantes (Cédric, 2006:18):

- Los altos costos de inversión que representa la adquisición de este tipo de tecnología, comparados con los de las tecnologías convencionales, hacen que los consumidores se inclinen por la segunda opción para satisfacer sus necesidades.
- La visión cortoplacista de los consumidores en cuanto a los períodos de recuperación de una inversión hacen que se inclinen por adquirir equipos con tecnologías convencionales.
- En países donde existen subsidios a la electricidad y a los combustibles fósiles, como el Ecuador, abaratan aún más los costos de las tecnologías convencionales, impidiendo el desarrollo de la energía solar térmica.
- La falta de internalización de externalidades de tipo ambiental en los costos finales hacen que los equipos con tecnologías convencionales sean más baratos que los equipos que emplean energías renovables, cuando debería ser todo lo contrario.

### **Barreras institucionales**

Las barreras institucionales tienen que ver con el marco legal o la normativa en el que se asientan las energías renovables, las cuales son impuestas por la autoridad competente con el objetivo de influir directamente en el comportamiento de las personas. Debido a que las leyes difieren en gran magnitud de un país a otro, se tomará en cuenta en el análisis las barreras institucionales existentes en los países de América Latina y el Caribe; a continuación se presentan las más importantes (González, 2012:74):

- Debido al gran desarrollo de las tecnologías convencionales en estos países, no existe una normativa ni un marco institucional referente a la energía solar térmica; y de existirlos son

---

<sup>10</sup> Manejar de manera eficiente los SST para calentamiento de agua, significa aprovechar las horas de radiación solar del día para poder calentar y almacenar el agua dentro del tanque de almacenamiento; para evitar la utilización del sistema de apoyo.

marcos legales demasiado generalizados, en donde no se establecen procedimientos ni objetivos claros y específicos que incentiven el uso de este tipo de tecnología.

- No existen marcos legales en donde se internalicen las externalidades por contaminación generadas por las tecnologías que envuelven la utilización de combustibles fósiles.
- Débil inserción de las energías renovables en las políticas energéticas y en los marcos regulatorios nacionales.
- Falta de institucionalización en la educación de profesionales con capacidad técnica, económica y ambiental que aporten al mercado de la energía solar como técnicos de producción, instalación y mantenimiento, y como inversionistas en la industria solar.
- Falta de campañas que eduquen a la población o difundan información acerca del uso de energías renovables en el hogar.

### ***Políticas implementadas en países a nivel mundial***

Como se mencionó anteriormente, muchos países han optado por brindar incentivos económicos a la energía solar térmica para calentamiento de agua, para que los mismos puedan ser más accesibles a los consumidores, permitiendo desarrollar su mercado en los próximos años y sobrellevar todas las barreras explicadas anteriormente. Este tema en países en vías de desarrollo, como el Ecuador, es de vital importancia ya que factores como “el subsidio a los combustibles fósiles y la no incorporación de los costos externos ambientales que originan (externalidades), hacen que los precios de las tecnologías convencionales sean más baratos que los de fuentes renovables” (Castro, 2011: 89); en especial el subsidio al GLP que desalienta totalmente la adopción de tecnologías alternativas como los paneles solares térmicos. En esta sección se revisarán los tipos de incentivos económicos existentes y las experiencias de políticas implantadas en diversos países, con el objetivo de tener un panorama claro al momento de realizar la propuesta.

Las políticas gubernamentales juegan un rol especial en el despliegue de las tecnologías de energía renovable. En los últimos años, el crecimiento y la implementación de este tipo de políticas han sido estimuladas en algunos países por la catástrofe nuclear de Fukushima en Japón y por los objetivos planteados por la Secretaria de las Naciones Unidas de incrementar la participación de las energías renovables en la matriz energética mundial para 2030 (REN21, 2012: 65). Sin embargo, hay que tomar en cuenta que la aplicación de estas políticas difiere en los países desarrollados de los en vías de desarrollo, ya que estos últimos las políticas son impulsadas principalmente por tener acceso a las fuentes de energía y por el desarrollo socioeconómico de los pueblos, mientras que en países desarrollados las políticas son impulsadas por obtener una seguridad energética y por mitigar los problemas medioambientales. (IPCC, 2012: 24)

Existen varios tipos de políticas, las de tipo regulatorio (medidas basadas en la normativa) incluyen precios preferentes (feed-in-tariff), participación en la red eléctrica, prioridad de acceso a la red, mandatos de construcción, requerimientos utilización de biocombustibles, y criterios de sustentabilidad bioenergética. Otro tipo de política son los incentivos fiscales (instrumentos basados en la actuación vía precios) tales como las políticas tributarias y transferencias directas del gobierno como subsidios y

descuentos. En este tipo de políticas se destacan también las de financiamiento público mediante préstamos y garantías (IPCC, 2012: 24). Por otra parte, las políticas pueden ser implantadas nacionalmente, provincialmente y regionalmente, además pueden ser complementadas por acuerdos de cooperación bilateral, regional e internacional.

Algo importante de resaltar es que el éxito de las políticas depende de que las mismas tengan de un marco predecible, transparente y estable, y de un diseño apropiado acorde a las necesidades de cada país. No obstante, a pesar de que muchas políticas han ayudado al desarrollo de los mercados de energía renovable, a fomentar la inversión y estimular el crecimiento de la industria, no todas las políticas han logrado ser equitativas y eficientes al momento de alcanzar estos objetivos (REN21, 2012: 65). Por esta razón al momento de realizar la propuesta hay que tener en cuenta los criterios de equidad y eficiencia expuestos en los fundamentos teóricos.

## Ejemplos de políticas implementadas a nivel mundial

Según el *“Renewables 2012 Global Status Report”* de la Red Internacional de Políticas de Energías Renovables para el siglo 21, REN21 (2012; 73), alrededor de 19 países disponen de objetivos específicos en cuanto a la puesta en marcha de proyectos que envuelven el uso de energía solar térmica tanto para calentamiento de agua como para calefacción/enfriamiento de espacios, y al menos 17 países/provincias tienen mandatos para promover la calefacción solar de espacios (por ejemplo a través de nuevos mandatos para la construcción de edificios) (ver tabla 6). Numerosos gobiernos locales disponen también de políticas de tipo regulatorio para fomentar el desarrollo de instalaciones de calefacción solar de tipo doméstico y comercial; además políticas como los incentivos financieros acompañadas con políticas de tipo regulatorio han permitido el crecimiento a nivel global de la energía solar térmica.

Tabla 6:  
Objetivos según capacidad instalada de la puesta en marcha de energía solar térmica a nivel mundial

País	Uso	Objetivos capacidad instalada
<b>Bélgica</b>	Calefacción y enfriamiento	11,9% en el consumo final bruto para 2020
<b>Dinamarca</b>	Calefacción y enfriamiento	39,8% para 2020; 100% para 2050
<b>Francia</b>	Calefacción y enfriamiento	33% para 2020
<b>Alemania</b>	Calefacción y enfriamiento	14% en la oferta total para 2020
<b>Grecia</b>	Calefacción y enfriamiento	20% en la oferta total para 2020
<b>Irlanda</b>	Calefacción	15% para 2020
<b>Italia</b>	Calefacción y enfriamiento	17,1% para 2020
<b>Jordanía</b>	Calentamiento agua	30% de los hogares en 2020
<b>Libano</b>	Calentamiento agua	0,13 GWth (190000 m2) instalados entre 2009-2014
<b>Libia</b>	Calentamiento agua	80 MW para 2015; 250 MW para 2020

<b>Marruecos</b>	Calentamiento agua	0,28 GWth (400000 m2) para 2012; 1,19 GWth (1,7 millones m2) para 2020
<b>Mozambique</b>	Calefacción	100000 instalados en zonas rurales
<b>Rumania</b>	Calefacción y enfriamiento	22% para 2020
<b>España</b>	Calefacción y enfriamiento	18,9% para 2020
<b>Suazilandia</b>	Calentamiento agua	20% instalación en todos los edificios públicos para 2014
<b>Tailandia</b>	Calefacción	100 ktoe para 2022
<b>Túnez</b>	Calentamiento agua	0,525 GWth (750000 m2) para 2011
<b>Uganda</b>	Calentamiento agua	30000 m2 instalados para 2017

**Fuente:** REN21, Global Status Report, 2012

**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez

En 2011 un número de países ha adoptado nuevas políticas en cuanto a la calefacción solar:

- Gran Bretaña: implementó la primera tarifa de precios preferentes con incentivos en la calefacción renovable (*Renewable Heat Incentive*), el cual cubre instalaciones no domésticas y comerciales; por otra parte, una tarifa de precios preferentes para hogares acompañada de un subsidio en los costos de instalación se espera implementarse en 2013.
- Holanda: ha promulgado y fortalecido su coeficiente de desempeño energético (*Energy Performance Coefficient*) en el código de construcción de edificaciones, con el objetivo de estimular el consumo de paneles solares térmicos y reformar su política de precios preferentes para 2012.
- España: introdujo una nueva tarifa de precios preferentes a la calefacción solar en su plan de energías renovables 2011-2020.
- California: a comienzos de 2012, duplicó el descuento destinado a la compra de SST a clientes con bajos ingresos, con el objetivo de desplazar el consumo de gas natural con energía solar térmica.
- Grecia: nuevos mandatos sobre la calefacción solar fueron promulgados, los cuales requieren que al menos el 60% de la calefacción de agua provenga de energía solar térmica en todas las nuevas y modernas edificaciones.
- Italia: también promulgó un mandato que promueve el calentamiento de agua y calefacción espacios mediante el uso de energía solar térmica en al menos 50% y 20%, respectivamente, para todas las nuevas y reformadas edificaciones en 2012.
- Polonia: introdujo un proyecto de ley que obliga a los edificios públicos y privados a utilizar calefacción proveniente de tecnologías renovables; y por otro lado promueve el acceso de los consumidores a deducciones tributarias para la compra de SST.
- Brasil: la segunda fase del programa “Mi Casa Mi Vida” establece la instalación de SST en la construcción de hogares para 2 millones de familias de bajos ingresos.
- Puerto Rico: el código de construcción de 2011 establece la inclusión de paneles solares térmicos en todas las casa nuevas de uno y dos pisos.

- Uruguay implementó su ley en 2009 en donde todos los grandes consumidores deben satisfacer al menos el 50% de sus necesidades de calentamiento de agua con energía solar térmica.
- Rajasthan, una de las provincias más grandes de India, desarrolló una serie de políticas para impulsar el crecimiento de la energía solar térmica en piscinas, edificios comerciales e industrias.

Varios gobiernos han revisado y añadido incentivos financieros a sus programas de calefacción solar. Rumania relanzó su programa financiero de asistencia social “Casa Verde”, el cual subvenciona la instalación de sistemas de calefacción tradicionales por energías renovables, como paneles solares térmicos. Canadá renovó su programa ecoENERGY Retrofit para hogares, el cual consiste en subvenciones de capital (que van desde los 5000CAD en adelante) para la instalación de SST. En los EEUU, el estado de Virginia promulgó una política de calefacción con energías renovables, y Maryland añadió el uso de energía solar térmica en su regulación de producción de energías renovables (*Renewable Portfolio Standard*); en adición el apoyo al uso de calefacción mediante energías renovables se encuentra presente en estados como Arizona, Florida, Iowa, New Jersey, New Mexico, New York, North Carolina, Oregon y South Carolina.

Como se observó en esta sección, a nivel mundial existen diferentes iniciativas y políticas para difundir el uso de energía solar térmica en los hogares, tanto en países desarrollados como en países en vías de desarrollo.

### ***Estatus de la tecnología de paneles solares térmicos en el Ecuador***

Para diseñar la propuesta es necesario conocer el estatus de la energía para calentamiento de agua en el Ecuador, con el objetivo de identificar los problemas que afronta este tipo de tecnología en el mercado de agua caliente sanitaria. Después se identificarán cuáles han sido los proyectos implementados por el gobierno que envuelven la utilización de este tipo de tecnología, y cuál es la oferta existente de paneles solares térmicos en el DMQ; este último punto se desarrollará para determinar cuáles son las características y costos de los paneles solares que se emplean en la ciudad de Quito.

Los paneles solares térmicos es una tecnología que en países desarrollados ha alcanzado una madurez tecnológica la cual ha permitido un crecimiento en el mercado de la energía solar térmica. A pesar de este hecho, la utilización de esta tecnología en países en vías de desarrollo es muy baja todavía, esto se debe a su alto costo por MWh comparado con tecnologías convencionales que utilizan electricidad y gas como fuentes de energía (que en algunos países es subvencionada); y la falta de información sobre los mercados de energía solar térmica.

El Ecuador no es la excepción en este caso, la razón del bajo desarrollo en el país de este tipo de tecnología en el mercado de agua caliente sanitaria se debe a que las fuentes de energía que utilizan las tecnologías convencionales, como el calefón a gas y la ducha eléctrica, se encuentran subvencionadas por el Estado, lo que ocasiona que los paneles solares térmicos no puedan competir en costos con las tecnologías convencionales. La tabla 7 refleja la comparación entre los costos marginales de las tecnologías existentes en el mercado de agua caliente sanitaria en el país, en esta tabla se observa que

los subsidios de 0,79 USD por kg al GLP y de 0,04 USD por kWh a la electricidad permiten que la energía solar térmica sea un 263,64% y un 344,44% más costosa respectivamente. Para obtener el dato del costo por kWh producido por la energía solar térmica, se tomó como referencia el precio preferente de la energía solar fotovoltaica estipulada en la Regulación No. 004/11 del CONELEC<sup>11</sup> por el hecho de que son tecnologías similares que tienen como principal semejanza su fuente de energía, el sol.

**Tabla 7:**  
**Comparación entre los costos marginales de las tecnologías existentes en el mercado de agua caliente sanitaria en el país**

Fuente de energía	Unidad	Costo consumidor	Costo Estado	Subsidio	% Subsidio
GLP (calefón)	USD/kg	\$ 0,11	\$ 0,90	\$ (0,79)	718%
Electricidad (ducha eléctrica)	USD/kW h	\$ 0,09	\$ 0,13	\$ (0,04)	45%
Energía solar térmica (panel solar)	USD/kW h	\$ 0,40	\$ 0,40	\$ -	0%

**Fuente:** CONELEC 2011, Petroecuador 2012

**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez

A esta desventaja en costos se debe sumar el desconocimiento de la población acerca del uso de energía solar térmica para calentamiento de agua. En las entrevistas realizadas a Gilberto Montoya de la empresa Ingeniería Solar (Montoya & Montoya, 2013) y a Germán Vega de la empresa Green Solutions (Vega, 2013) plantearon que el desconocimiento acerca de este tipo de tecnología va más allá de la persona común, profesionales del área de la construcción como ingenieros y arquitectos desconocen de la aplicación de energía solar térmica en la construcción de edificios y casas, por la razón del alto costo que tiene este tipo de tecnología frente a las convencionales, lo cual desalienta cualquier intención de inversión en la misma. Con el subsidio a los paneles solares térmicos, que se propondrá más adelante, se busca que además de hacer más accesible el costo del mismo, las personas conozcan este tipo de tecnología y se empapen de la misma, para que en el futuro las personas consuman este tipo de tecnología no por necesidad (agotamiento recursos no renovables), sino por decisión propia.

## Proyectos implementados

Por parte del gobierno ecuatoriano se ha implementado un solo proyecto que envuelve la utilización de energía solar térmica para calentamiento de agua. El proyecto se titula: “Dotación de 10.905 sistemas de energía solar térmica para agua caliente sanitaria en viviendas cofinanciadas con el bono de la vivienda otorgados a través del MIDUVI”, financiado por el Gobierno Central y ejecutado a través del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), cuyo objetivo general es “evitar gastos al Estado por subsidio al GLP y electricidad utilizado en el calentamiento de agua” (MEER, 2009:9).

<sup>11</sup> La Regulación No. 004/11 del CONELEC establece los requisitos, precios, su período de vigencia, y forma de despacho para la energía eléctrica entregada al Sistema Nacional Interconectado y sistemas aislados, por los generadores que utilizan fuentes renovables no convencionales. (CONELEC, 2011)

Los principales beneficiarios de este proyecto son las 10.905 familias seleccionadas por el MIDUVI distribuidas en diferentes comunidades de las provincias de Azuay, Bolívar, Carchi, Cañar, Cotopaxi, Chimborazo, Imbabura, Pichincha, Santo Domingo y Loja; y los comercializadores e instaladores de sistemas solares térmicos. Con este proyecto se espera:

Aumentar el nivel de bienestar de las familias beneficiarias al mejorar el grado de satisfacción por usar agua caliente sanitaria con energía solar térmica, también se espera mejorar los niveles de salubridad y de aseo personal, especialmente en los hogares que antes carecían de agua caliente. En las familias que antes del proyecto ya contaban con agua caliente pero con sistemas a GLP se espera una disminución del 100% de consumo de GLP y un pequeño aumento en el consumo de electricidad para calentamiento de agua, lo que traería como consecuencia un ahorro para cada familia de mínimo 18,63 US\$ a 30,51 US\$ al precio subvencionado de 1,6 US\$ el cilindro de GLP (0,11 US\$/Kg.) y de 8,3 cUS\$ el kWh de electricidad. (MEER, 2009:10)

El proyecto cuenta con un presupuesto de 12'540.750 USD, será desarrollado en un lapso de 6 a 7 trimestres y es viable en cuanto a su realización, ya que presenta un VAN= 635.485USD, y una TIR=13%. En una entrevista realizada a Carlos Villalba, persona encarga del proyecto por parte del MEER (Villalba, 2013), comentó que en septiembre de 2011, en la primera etapa del proyecto, se instalaron 280 sistemas solares térmicos en las provincias de Pichincha, Imbabura y Chimborazo; los paneles solares térmicos puestos en marcha en esta etapa fueron fabricados nacionalmente por la empresa Aquacorpitec. Sin embargo la calidad de los mismos fue deficiente por lo que en la siguiente etapa del proyecto optaron por implementar sistemas solares térmicos de la empresa Chromagen de fabricación israelita. De esta manera, durante la segunda etapa (octubre de 2012) se instalaron 2632 sistemas solares térmicos en las provincias de Bolívar, Carchi, Imbabura, Pichincha y Tungurahua (véase foto 1). Finalmente Villalba comentó que el proyecto sigue en marcha y que el MEER no tiene planteado un proyecto que envuelva la utilización de energía solar térmica en un futuro cercano.

**Foto 1:**  
**Sistemas solares térmicos instalados en la parroquia rural Lloa, provincia de Pichincha**



**Autor:** MEER



## Oferta en el DMQ

El MEER en el año 2008 mantuvo reuniones y realizó pequeñas encuestas a los fabricantes, comercializadores e instaladores de sistemas de energía solar térmica en el país. Los datos de la encuesta reflejaron que el 60% de los encuestados fabrica total o parcialmente sus propios sistemas solares térmicos de una forma artesanal, el 20% comercializa e instala este tipo de tecnología, mientras que el 20% restante solo comercializa este tipo de tecnología; por lo tanto se deduce que el 40% de los encuestados comercializan e instalan sistemas solares térmicos de procedencia extranjera. (MEER, 2009:7)

En el DMQ existen varias empresas que comercializan energía solar térmica para calentamiento de agua, la mayoría de las mismas importa este tipo de tecnología, mientras que el resto las fábrica de una forma artesanal; sin embargo existe una sola empresa en el país que fábrica paneles solares térmicos con los mayores estándares de calidad cuyo nombre es Ingeniería Solar (Montoya & Montoya, 2013).

El precio de venta de los paneles solares térmicos comercializados en el DMQ van desde los 700 USD hasta los 5000 USD. Los precios se encuentran en función de la tecnología empleada en la fabricación del sistema solar térmico, y en la cantidad de personas que utilizarían este tipo de tecnología en un hogar (a esto debe sumarse también los costos de instalación).

- Tecnología empleada

En el DMQ se comercializan paneles solares térmicos de placa plana y de tubos al vacío, el precio de los mismos varía según la eficiencia<sup>12</sup> que posean, por ejemplo un colector solar de placa plana con una eficiencia del 60% valdrá menos que un colector solar de tubos al vacío con una eficiencia del 70%, y viceversa. Según datos sobre los precios brindados por la empresa Green Solutions que comercializa estos dos tipos de colectores solares, la variación de precios de los mismos (asumiendo misma eficiencia y vida útil) se encuentran en un 60% favorable a los colectores solares de placa plana. (Vega, 2013)

Por otra parte el precio también variará si se trata de un panel solar térmico que funciona con un sistema presurizado de uno que funciona con un sistema no-presurizado. Según datos de la empresa Green Solutions que comercializa colectores solares de tubos al vacío con ambos sistemas, el precio de un panel solar con sistema presurizado es un 50% más alto que uno con sistema no-presurizado. (Vega, 2013)

Por último, los precios también varían según el sistema de apoyo que utilice el sistema solar térmico, según los datos brindados por las empresas Ingeniería Solar y Green Solutions un colector solar que posea un calefón a gas como sistema de apoyo será un 60% más costoso que un colector solar que posea un sistema de apoyo eléctrico en el interior del tanque almacenador de agua. (Vega, 2013; Montoya & Montoya, 2013)

---

<sup>12</sup> Hay que tener en cuenta que la eficiencia va de la mano con la vida útil del equipo, es decir, mayor eficiencia mayor vida útil.

- Número de personas en un hogar

Todos los paneles solares térmicos están acompañados de un tanque almacenador de agua para su funcionamiento. En este sentido, la capacidad almacenadora de agua del tanque dependerá del número de personas que harán uso del panel solar. Germán Vega (Green Solutions) establece que el aumento de 50 litros en el tanque almacenador de agua se traduce en un aumento de 400 USD en el precio del sistema solar térmico. (Vega, 2013)

- Costos de instalación

Según las entrevistas realizadas a las empresas Ingeniería Solar y Green Solutions los costos de instalación dependen de cómo estén configuradas las tomas de agua en el hogar. Los sistemas solares térmicos necesitan estar situados en los techos de las viviendas por lo que necesitan que las tomas de agua se encuentren en la parte alta de las viviendas, no obstante en la mayoría de viviendas del DMQ las tomas de agua se encuentran situadas en la planta baja, lo cual dificulta la instalación de este tipo de tecnología. De esta manera si las tomas de agua se encuentran en la parte alta de la vivienda, la instalación del sistema solar térmico costará 100 USD aproximadamente; mientras que si las tomas de agua se encuentran en la parte baja de la vivienda el costo de instalación ascendería a 400 USD.

A pesar de que los paneles solares térmicos no pueden competir en costos con las condiciones actuales (gas y electricidad subvencionados) del mercado de agua caliente sanitaria, para Germán Vega la energía solar térmica ha ido desarrollándose poco a poco en este mercado. Esta apreciación de Vega se debe a que actualmente las personas que desean adquirir un sistema de calentamiento de agua para sus viviendas se están inclinando por sistemas solares térmicos. Esta atracción está directamente relacionada con los beneficios que posee la energía solar térmica (véase cuadro 2) y porque consideran que las tecnologías convencionales se volverán obsoletas con el pasar de los años.

No obstante, tanto Germán Vega como los hermanos Montoya recalcan que actualmente el mercado de la energía solar térmica para calentamiento de agua en el país está dirigido a las personas de altos recursos económicos por los altos costos de inversión que poseen estos sistemas; sin embargo esperan que con el pasar de los años la nuevas tecnologías en la fabricación de estos sistemas y el crecimiento del mercado de energía solar térmica a nivel mundial permitan disminuir los precios de adquisición de los paneles solares térmicos y por ende puedan ampliar el consumo de esta tecnología a personas de todos los recursos.

La empresa Ingeniería Solar, la única empresa en el país que produce paneles solares térmicos de placa plana con la más alta calidad (ganadora de premio en Hannover Alemania en tecnología solar placa plana) planea en 5 años montar una fábrica, la cual produciría 5000 paneles solares al día brindando empleo a cerca de 2000 personas. Este proyecto de una empresa local demuestra que en el Ecuador ya existen las capacidades para producir este tipo de tecnología a gran escala, la cual diversificaría la matriz productiva del país creando una nueva industria y robustecería la oferta de energía solar térmica para calentamiento de agua en el país. Todos estos argumentos presentados en cuanto a la oferta de paneles solares térmicos en el DMQ, serán la base para realizar los supuestos a implementar en la propuesta de la investigación.

Finalmente, la energía solar térmica para calentamiento de agua es una tecnología que goza de un amplio desarrollo en la Unión Europea y China gracias a su costo-competitividad, su bajo impacto ambiental y a las políticas desarrolladas en los países mencionados. Sin embargo la principal barrera que detiene el desarrollo de este tipo de tecnología en países en vías de desarrollo, como el Ecuador, es la económica, ya que los ingresos de la población no pueden afrontar los altos costos de inversión que envuelve los SST para calentamiento de agua. Además, el desconocimiento general de la población y la política subsidiaria existente en el país hacia los derivados de petróleo (GLP) y electricidad impiden que este tipo de tecnología compita en costos con las tecnologías convencionales de calentamiento de agua. Bajo este contexto se desarrollará en la siguiente sección la propuesta de la investigación.

## ***Propuesta: sustitución de calefones a gas por paneles solares térmicos en el DMQ***

Para realizar la propuesta de implementar un subsidio a los paneles solares térmicos para sustituir el subsidio al GLP en el Distrito Metropolitano de Quito, se debe partir primeramente de la situación actual del subsidio al GLP en el país, es decir, de su problemática. A continuación, se propondrá una alternativa de utilizar paneles solares térmicos para suplantar los usos incorrectos del GLP, ofreciendo un incentivo económico, como un subsidio, para facilitar el acceso a la población quiteña a este tipo de tecnología. Para esto se realizará un análisis costo beneficio bajo dos escenarios, uno con el GLP subsidiado (como ha sido la política subsidiaria a lo largo de los años en el país), y otro con la eliminación del subsidio al gas doméstico. Ambos análisis permitirán determinar la viabilidad económica de la propuesta.

### ***Situación Actual***

Como se mencionó en la primera parte de la disertación, desde la creación del subsidio al GLP este derivado se ha convertido en un combustible de acelerada utilización en el país. Este acelerado consumo ha ocasionando una serie de problema al Estado los cuales son:

- Sostenibilidad: desde el 2004 al 2011 los montos del subsidio al gas han aumentado en un 212,6%, mientras que el PGE en 136,51%.
- Focalización: el 20% más rico de la población consume un 43,93% más que el 20% de la población más pobre, además lo utiliza en actividades de carácter suntuoso.
- Contrabando: cerca del 22% de la demanda de gas es dedicado a esta actividad.
- Ineficiencia en la producción: las refinerías del país producen solamente el 23% de la oferta total.
- Costo del subsidio dependiente del mercado externo: el costo del subsidio depende en un 77% en promedio del costo de importación del derivado.

Ante esta problemática se plantea la introducción de un subsidio a los paneles solares térmicos en el DMQ, a desarrollarse a continuación.

### ***Situación Propuesta***

La propuesta de la presente disertación se centra en la sustitución del consumo indebido del subsidio al GLP en el uso de calefones por un subsidio a los paneles solares térmicos en la ciudad de Quito. Para realizar esta sección se partirá primeramente con la justificación de la utilización un subsidio como incentivo económico a implementarse. Después se especificarán los supuestos que tendrá la política subsidiaria a la energía solar térmica para calentamiento de agua en el DMQ, los cuales serán de gran ayuda para los cálculos de inversión total, costos de operación, de mantenimiento e ingresos a realizarse en el análisis costo-beneficio de la siguiente sección.

## **Subsidio como incentivo a utilizarse**

La razón por la cual se escogió el subsidio y no otra clase de incentivo económico se debe a la base empírica de incentivos exitosos para promover la energía solar térmica a nivel internacional y al estatus actual de esta tecnología en el país. Actualmente en el Ecuador, la energía solar térmica posee una pequeña participación en el mercado de agua caliente sanitaria, las causas de esto se debe al desconocimiento de este tipo de tecnología en el país y a la diferencia de costos de inversión que existen con tecnologías convencionales; por otro lado, como lo hemos mencionado a lo largo de la presente sección, la principal razón por la que la energía solar térmica no se ha desarrollado es porque compite con subsidios energéticos (GLP y electricidad) que alientan el uso de tecnologías convencionales como el calefón y la ducha eléctrica.

Ante esta realidad, la experiencia internacional sugiere implementar incentivos que fortalezcan la participación de la energía solar térmica en el mercado de agua caliente sanitaria tanto en el lado de la oferta como en el de la demanda. Según un estudio de la IEA (2006), es fundamental empezar proponiendo incentivos fiscales, como un subsidio gubernamental, para incentivar la demanda de paneles solares térmicos antes que la oferta; ya que el subsidio no sólo haría frente a los altos costos de inversión sino que también fortalecería la disposición de los hogares en implementar este tipo de tecnología en dos formas, la primera demostrando que es una tecnología que funciona y es viable de adoptar, y segundo que es una tecnología que asegura la seguridad energética del país y reduce la contaminación ambiental. Una vez que la energía solar térmica sea conocida y utilizada ampliamente; este subsidio incentivaría indirectamente la puesta en marcha de una industria de paneles solares en el país, dada la creciente demanda que habría. Por estas razones es favorable implementar un subsidio como incentivo económico a utilizarse, ya que no sólo beneficia a los consumidores sino que beneficia indirectamente a la creación de una nueva industria en el país.

Por otro lado, el artículo 285 de la Constitución del Ecuador, establece que la política fiscal tendrá como uno de sus objetivos específicos redistribuir el ingreso por medio de transferencias, tributos y subsidios adecuados. Bajo esta premisa el subsidio a la energía solar térmica cumpliría con la función de transferir los recursos a los grupos más vulnerables en el sentido de regular el consumo del GLP solamente a actividades domésticas, es decir, al consumo eficiente del derivado; ya que regular el consumo del GLP a actividades domésticas, permitirá que el Estado canalice todo el consumo ineficiente del derivado en un ahorro, el cual financiará proyectos de carácter social fundamentales para el desarrollo del país como escuelas y hospitales que benefician ampliamente a los sectores vulnerables.

Para que el subsidio a los paneles solares térmicos cumpla la premisa anterior es fundamental que cumpla con la característica de transitoriedad que deben poseer los subsidios eficientes (y que el subsidio al GLP lo perdió hace ya mucho tiempo) porque si el objetivo del subsidio a la energía solar térmica para calentamiento de agua es eliminar el consumo ineficiente del subsidio al GLP para destinar ese ahorro a actividades de carácter social, es esencial que el tiempo de duración del subsidio sea limitado, ya que de lo contrario el ahorro generado por la disminución del consumo ineficiente del subsidio al GLP estaría financiando totalmente el nuevo subsidio a los paneles solares térmicos y se estaría dejando de lado la inversión en proyectos de carácter social.

Por otra parte, este subsidio a la energía solar térmica para calentamiento de agua generaría incentivos para el fomento de la producción de este tipo de tecnología en el país. Actualmente la empresa Ingeniería Solar, la única empresa paneles solares térmicos de alta calidad en el país (Montoya, 2013), produce diariamente 10 paneles, y tiene planeado en el lapso de 5 años montar una fábrica, la cual tendría una producción 5.000 paneles por día y brindaría empleo aproximadamente a 2.000 personas. Si actualmente en el país ya existe la capacidad de desarrollar esta tecnología a gran escala, el subsidio a los paneles solares térmicos fomentaría aun más la producción de este tipo de tecnología en el país, ya que los hogares podrán adquirir este tipo de tecnología a un menor precio, lo cual estimularía la producción del bien en cuestión. Además, la producción local de este tipo de tecnología fomentaría el empleo y contribuiría a la creación de una nueva industria en el país. Por lo tanto, el subsidio a implementarse además de redistribuir los recursos eficientemente también generaría riqueza al país.

## Supuestos de la política

El subsidio a implementarse consistirá en transferencias para clientes residenciales al momento de comprar un panel solar térmico, con el fin de que puedan adquirir energía solar térmica para calentamiento de agua a un precio menor del normal. Para calcular el porcentaje que tendría el subsidio se realizó un análisis de costos acumulados de un calefón a gas, donde se obtuvo (ver tabla 8):

**Tabla 8:**  
**Costos acumulados de inversión de un calefón a gas**

Tipo de tecnología	Vida útil	Costos				Costos acumulado inversión			
		Bienes de Capital	Instalación	Mantenimiento (al año) <sup>13</sup>	Operación (al año)	1er año	5to año	10mo año	15to año
Calefón a gas	15 años	\$ 250,00	\$ 50,00	\$ 40,00	\$ 27,72	\$ 367,72	\$ 638,60	\$ 977,20	\$ 1.315,80

Fuente: MEER, 2009; González 2012; Montoya 2013

Elaboración: Jorge Luis Sánchez

Un calefón a gas durante sus 15 años de vida útil tiene un costo acumulado de inversión de 1.315,80 USD. Por otra parte, en la sección previa se estableció que los costos de los paneles solares térmicos van desde los 700 USD a los 5.000 USD, y que los costos de instalación rondan los 400 USD. Para efectos de esta investigación se establecerá que el costo del panel solar térmico incluida su instalación será de 3.400 USD. Por lo tanto, para que el panel solar térmico pueda competir en costos con el calefón a gas, el Estado debería subsidiar el 70% de la compra del mismo (incluida su instalación), con este subsidio un hogar podría adquirir esta tecnología a un precio de 1.020 USD, precio inferior al costo acumulado de 15 años por la adquisición de un calefón con GLP. (Montoya, 2013) (Vega, 2013)

El horizonte de aplicación de la política subsidiaria sería de 5 años, tiempo estimado para montar industrias que fabriquen este tipo tecnología (Montoya, 2013). Además el financiamiento de esta

<sup>13</sup> El cálculo de las cifras obtenidas de los costos de mantenimiento y operación anuales del calefón a gas se realizarán posteriormente en el análisis costo-beneficio.

política vendría a cargo del Gobierno Central y sería ejecutado a través del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. Pensar que el gobierno financie este tipo de proyectos no es nada inviable, ya que actualmente el gobierno está promoviendo y financiando proyectos que envuelven la utilización de energía renovable para cambiar la matriz energética del país. Un ejemplo de esto es la construcción del Parque Eólico Villonaco<sup>14</sup> en la provincia de Loja, en donde el gobierno ha invertido 41,8 millones de USD, y la adhesión del Ecuador al programa Eurosolar<sup>15</sup> implementado por la Unión Europea, en donde el gobierno ha invertido 1,02 millones de USD.

De esta manera:

- La política subsidiaria tendrá una duración de 5 años, cada año se estima que la misma tendrá una efectividad del 20% cada año, es decir, 8.771 hogares del DMQ que utilizan calefón a gas reemplazarán el mismo con paneles solares térmicos. En este sentido, a los 5 años los 43.856 hogares del DMQ que utilizan gas en calefón habrán sustituido esta tecnología convencional por energía solar térmica para calentamiento de agua sanitaria.
- El crecimiento de la población del DMQ se mantiene constante y se asume que los nuevos hogares que se construyan lo harán con paneles solares térmicos.
- No se contemplan efectos inflacionarios.
- Se considera el precio actual del GLP a nivel internacional como fijo, no se consideran variaciones.
- Los costos tanto del calefón a gas como de los paneles solares térmicos se mantienen constantes en el tiempo, es decir, avances tecnológicos que reduzcan los costos de ambas tecnologías en el tiempo no serán tomados en cuenta.

## ***Análisis costo-beneficio***

Se realizará el análisis costo-beneficio con el objetivo de cuantificar los costos y beneficios para el Estado, consumidor y sociedad de la puesta en marcha de la tecnología de paneles solares térmicos para calentamiento de agua para sustituir el uso de calefones a gas, y por ende, del uso incorrecto del subsidio al GLP en el DMQ bajo dos escenarios, uno con el gas doméstico subsidiado (situación actual), y otro con la eliminación del subsidio al GLP. En cada uno de los escenarios se realizará un análisis privado donde se enfocará la perspectiva de los hogares del DMQ como consumidores de paneles solares térmicos, y un análisis social donde se enfocará la perspectiva económica de la propuesta.

## **Características SST, calefón a gas y consumo energético hogar**

Debido a que la propuesta se centra en sustituir los calefones a gas en el DMQ por SST, es fundamental tener en cuenta las características de ambas tecnologías y del consumo energético del hogar para poder realizar los cálculos de los ingresos y costos del análisis costo-beneficio.

---

<sup>14</sup> El Parque Eólico Villonaco cuenta 11 aerogeneradores, los cuales generan 59 GWh/año de energía y 16.5 MW de potencia, y han beneficiado a 254 personas a través de empleos directos. (MEER, 2013)

<sup>15</sup> El programa Eurosolar busca promover las energías renovables como motor de desarrollo en comunidades apartadas del Sistema Nacional Interconectado.

## **Consumo energético hogar**

Para establecer el consumo energético en un hogar es necesario establecer el número de personas que integran el mismo. Según el Censo de Población y Vivienda de 2010 (INEC 2011), el promedio de personas por hogar a nivel nacional es de 3,78, y en el DMQ de 3,49. Para efectos de esta investigación los hogares del DMQ beneficiados con la propuesta estarán conformados por 4 personas.

Debido a que la propuesta desea implementar SST en los hogares, es fundamental conocer la cantidad de agua que consume cada persona en el hogar, con el objetivo de estimar la capacidad almacenamiento de agua que tendría el tanque termosolar del SST a implementarse en los hogares beneficiarios del DMQ. Según el estándar americano de requerimiento de agua caliente sanitaria (CENEC, 2011), cada persona consume 60 litros de agua caliente por día. De esta manera el tanque termosolar del SST tendría que poseer una capacidad de al menos 240 litros.

Para poder calcular cuánto gasta un hogar en gas para el uso del calefón en los hogares del DMQ beneficiados al año, es primordial conocer cuántos cilindros de gas consume un hogar en calefón al mes. Según el MEER (MEER, 2009), un hogar consume 1,4 cilindros de gas en el uso del calefón al mes. De esta forma, un hogar gasta 27,72 USD en gas para uso del calefón al año (este cálculo se ampliará en a siguiente sección).

## **Características calefón a gas**

Los hogares del DMQ al invertir en SST para satisfacer sus necesidades de agua caliente sanitaria tendrían como beneficios todo el ahorro de no adquirir un calefón a gas a través de la vida útil de este primero; por esta razón, es esencial conocer las características que poseen los calefones a gas. Los calefones a gas que se comercian en el DMQ tienen un costo promedio de 300 USD incluida su instalación, un costo de mantenimiento anual de 40 USD, y una vida útil de 15 años (MEER, 2009; Vega, 2013; Montoya, 2013). De esta manera, los hogares que invierten en energía solar térmica para calentamiento de agua tendrían al menos un ahorro de 40 anuales más todo el consumo de GLP.

## **Características SST**

En la sección previa, se estableció que los SST constan esencialmente de un sistema de captación, un sistema de acumulación y un sistema de apoyo para su funcionamiento; por otra parte, se estableció que los precios de los SST se encuentran en función de la tecnología empleada en su fabricación y del número de personas que utilizarán el mismo. Por esta razón, es necesario conocer las características fundamentales que tendrán los SST a implementarse en la propuesta, ya que de las mismas se podrá estimar su costo, el cual será necesario para estimar la inversión que tendría que hacer el gobierno al implementar la propuesta.

El SST ha implementarse en la propuesta constará de un colector solar de placa plana (sistema de captación) que constará con una eficiencia del 80%, un tanque termosolar con una capacidad de almacenamiento de 240 litros (sistema acumulación), y un sistema de apoyo eléctrico en el interior del tanque almacenador del agua el cual cubrirá el 20% del funcionamiento del SST. Bajo estas



características y de acuerdo al rango de precios de 700-5.000 USD de los paneles solares térmicos en el país, el costo que tendrá el SST ha implementarse en la propuesta será de 3.400 USD incluido su costo de instalación.

## **Análisis costo-beneficio propuesta: Escenario con subsidio al GLP (situación actual)**

### **Análisis privado:**

Como se mencionó anteriormente, el análisis privado contempla el enfoque de los hogares con la propuesta; de esta manera el objetivo de este análisis es conocer si para un hogar es rentable financieramente invertir en energía solar térmica para calentamiento de agua para sustituir el calefón a gas.

### **Ingresos**

Para este análisis, los ingresos de los hogares del DMQ beneficiados con la propuesta serán el ahorro por la compra del calefón a gas y los costos de operación y mantenimiento del mismo anualmente. A continuación se detalla el cálculo de los mismos:

- **Compra equipo:** como se estableció previamente el costo del calefón a gas es de 300 USD incluida su instalación durante sus 15 años de vida útil.
- **Costo operación:** comprenden el cálculo del gasto por consumo de gas para funcionamiento del calefón anualmente.

$$\text{Costo operación calefón anual} = \text{consumo GLP anual} \times \text{precio GLP subvencionado}$$

$$\text{Consumo GLP anual: } 1,4 \frac{\text{cilindros}}{\text{mes}} \times 15 \frac{\text{kg}}{\text{cilindro}} \times 12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} = 252 \frac{\text{kg}}{\text{año}}$$

$$\text{Costo operación calefón anual: } 252 \frac{\text{kg}}{\text{año}} \times 0,11 \frac{\text{USD}}{\text{kg}} = 27,72 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

- **Costo mantenimiento:** como se estableció previamente el costo de mantenimiento anual del calefón a gas es de 40 USD.

### **Costos**

Para este análisis, los costos de los hogares del DMQ beneficiados con la propuesta comprenden el costo del SST subsidiado y el costo de operación del mismo. Debido a las características de los SST para calentamiento de agua estos no incurren en costos de mantenimiento durante su vida útil.

- **Compra equipo:** como se estableció previamente el costo del SST es de 3.400 USD incluida su instalación. Con el subsidio estatal del 70% en la compra del mismo el costo del equipo se sitúa en 1.020 USD.

- **Costo operación:** comprenden el cálculo del gasto por consumo eléctrico del sistema de apoyo del SST anualmente. Según el proyecto de energía solar térmica para calentamiento de agua implementado por el MEER (MEER, 2009), el consumo eléctrico anual de un sistema de apoyo eléctrico de un SST (que cubra el 20% del funcionamiento del mismo), es de 109,5 kWh. De esta manera, el costo de operación anual es el siguiente:

*Costo operación SST anual*

$$= \text{Consumo eléctrico sistema apoyo SST} \times \text{Tarifa energía eléctrica}$$

$$\text{Costo operación SST anual: } 109,5 \text{ kWh} \times 0,09 \frac{\text{USD}}{\text{kWh}} = 9,86 \text{ USD}$$

Por otra parte, la tasa de descuento utilizada en este análisis es del 4,53% correspondiente a la tasa de interés pasiva efectiva de depósitos a plazo del mes de septiembre de 2013 (BCE, 2013); además el horizonte del análisis es de 25 años (vida útil SST).

Los flujos financieros se presentan a continuación (ver tabla 9):

**Tabla 9:**  
**Flujos financieros análisis privado propuesta: escenario con subsidio al GLP (cifras en dólares)**

Año	Ingresos				Egresos				Flujo neto	Valor actual
	Compra equipo	Costos operación	Mantenimiento	Total	Compra equipo	Costos operación	Mantenimiento	Total		
0	\$ 300,00			\$ 300,00	\$ 1.020,00			\$ 1.020,00	-\$ 720,00	-\$ 720,00
1		\$ 27,72	\$ 40,00	\$ 67,72		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 57,86	\$ 55,35
2		\$ 27,72	\$ 40,00	\$ 67,72		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 57,86	\$ 52,95
3		\$ 27,72	\$ 40,00	\$ 67,72		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 57,86	\$ 50,66
4		\$ 27,72	\$ 40,00	\$ 67,72		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 57,86	\$ 48,46
5		\$ 27,72	\$ 40,00	\$ 67,72		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 57,86	\$ 46,36
6		\$ 27,72	\$ 40,00	\$ 67,72		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 57,86	\$ 44,35
7		\$ 27,72	\$ 40,00	\$ 67,72		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 57,86	\$ 42,43
8		\$ 27,72	\$ 40,00	\$ 67,72		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 57,86	\$ 40,59
9		\$ 27,72	\$ 40,00	\$ 67,72		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 57,86	\$ 38,83
10		\$ 27,72	\$ 40,00	\$ 67,72		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 57,86	\$ 37,15
11		\$ 27,72	\$ 40,00	\$ 67,72		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 57,86	\$ 35,54
12		\$ 27,72	\$ 40,00	\$ 67,72		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 57,86	\$ 34,00
13		\$ 27,72	\$ 40,00	\$ 67,72		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 57,86	\$ 32,53
14		\$ 27,72	\$ 40,00	\$ 67,72		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 57,86	\$ 31,12
15	\$ 300,00	\$ 27,72	\$ 40,00	\$ 367,72		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 357,86	\$ 184,12
16		\$ 27,72	\$ 40,00	\$ 67,72		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 57,86	\$ 28,48
17		\$ 27,72	\$ 40,00	\$ 67,72		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 57,86	\$ 27,24
18		\$ 27,72	\$ 40,00	\$ 67,72		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 57,86	\$ 26,06
19		\$ 27,72	\$ 40,00	\$ 67,72		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 57,86	\$ 24,93
20		\$ 27,72	\$ 40,00	\$ 67,72		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 57,86	\$ 23,85
21		\$ 27,72	\$ 40,00	\$ 67,72		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 57,86	\$ 22,82
22		\$ 27,72	\$ 40,00	\$ 67,72		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 57,86	\$ 21,83
23		\$ 27,72	\$ 40,00	\$ 67,72		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 57,86	\$ 20,89
24		\$ 27,72	\$ 40,00	\$ 67,72		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 57,86	\$ 19,98
25		\$ 27,72	\$ 40,00	\$ 67,72		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 57,86	\$ 19,11
									<b>VAN</b>	<b>\$ 289,67</b>
									<b>TIR</b>	<b>8%</b>

**Fuente:** Montoya, 2013; Vega, 2013; MEER, 2009

**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez

Con un subsidio del 70% del costo de adquisición de un panel solar térmico, invertir en energía solar térmica sería rentable financieramente para los hogares, además el tiempo de amortización de la inversión sería 15 años, lo que significa que los hogares del DMQ beneficiados con la propuesta disfrutarían 10 años de agua caliente sanitaria a un costo muy bajo de 9,86 USD cada año.

Por lo tanto, este subsidio incentivaría a los hogares que poseen calefón a gas en el DMQ a sustituir el mismo por energía solar térmica, primeramente porque sería rentable financieramente para los hogares realizar esta inversión, segundo porque tendrían una tecnología que brindaría independencia energética a los hogares y tercero porque ayudarían a reducir la contaminación ambiental para las generaciones futuras.

### **Análisis social:**

El análisis social refleja la perspectiva económica de la propuesta, por esta razón comprende todos los ingresos y costos que tendría la sociedad por la sustitución de los calefones a gas por energía solar térmica para calentamiento de agua en el DMQ. El horizonte de la política subsidiaria a los paneles solares térmicos es de 5 años, y del análisis de 25 años.

### **Ingresos**

Para este análisis, los ingresos estarán conformados por el ahorro del consumo ineficiente del subsidio al GLP por parte de los hogares del DMQ beneficiados con la propuesta. Este ingreso dependerá de la cantidad de hogares que sustituyan el calefón a gas por paneles solares térmicos durante el horizonte de la política subsidiaria. Al suponer el 20% de efectividad cada año de la propuesta se obtiene los siguientes ingresos:

#### **- Ingresos año 1:**

*Ingreso año 1: Costo subsidio anual  $\times$  20% Hogares beneficiados DMQ*

$$\text{Costo subsidio anual: } 252 \frac{\text{kg}}{\text{año}} \times 0,79 \frac{\text{USD}}{\text{kg}} = 199,08 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

$$\text{Ingreso año 1: } 199,08 \frac{\text{USD}}{\text{año}} \times 8.771 \text{ hogares} = 1'746.130,68 \text{ USD}$$

#### **- Ingresos año 2:**

*Ingreso año 2: Costo subsidio anual  $\times$  40% Hogares beneficiados DMQ*

$$\text{Ingreso año 2: } 199,08 \frac{\text{USD}}{\text{año}} \times 17.542 \text{ hogares} = 3'492.261,36 \text{ USD}$$

#### **- Ingresos año 3:**

*Ingreso año 3: Costo subsidio anual  $\times$  60% Hogares beneficiados DMQ*

$$\text{Ingreso año 3: } 199,08 \frac{\text{USD}}{\text{año}} \times 26.314 \text{ hogares} = 5'238.591,12 \text{ USD}$$

#### **- Ingresos año 4:**

*Ingreso año 4: Costo subsidio anual  $\times$  80% Hogares beneficiados DMQ*

$$\text{Ingreso año 4: } 199,08 \frac{\text{USD}}{\text{año}} \times 35.085 \text{ hogares} = 6'984.721,80 \text{ USD}$$

- **Ingresos año 5:**

$$\text{Ingreso año 5: Costo subsidio anual} \times 100\% \text{ Hogares beneficiados DMQ}$$

$$\text{Ingreso año 5: } 199,08 \frac{\text{USD}}{\text{año}} \times 43.856 \text{ hogares} = 8'730.852,48 \text{ USD}$$

No obstante, el gobierno con la propuesta seguirá generando ingresos por los 20 años restantes de análisis. Estos ingresos serán equivalentes a los ingresos del año 5, debido a que son ingresos por ahorro del consumo ineficiente del subsidio al GLP en los 43.856 hogares beneficiados con la propuesta.

Por otro lado, la sustitución de calefones a gas por energía solar térmica para calentamiento de agua, traería una serie de ingresos intangibles en la sociedad, los cuales no serán calculados por su complejidad, y porque exceden el alcance de la disertación.

## Costos

Los costos de este análisis pasarían a ser la inversión total del subsidio a los paneles solares térmicos desglosada durante los 5 años de duración de la política subsidiaria. Al suponer el 20% de efectividad cada año de la propuesta se obtiene los siguientes costos:

- **Inversión total:**

$$\text{Inversión total: Porcentaje subsidio} \times \text{Costo SST} \times \text{Hogares beneficiados DMQ}$$

$$\text{Inversión total: } 0,70 \times 3.400 \text{ USD} \times 43.856 \text{ hogares} = 104'377.280 \text{ USD}$$

- **Costo anual (inversión total desglosada 5 años política subsidiaria):**

$$\text{Costo anual: Inversión total} \div 5 \text{ años}$$

$$\text{Costo anual: } 104'377.280 \text{ USD} \div 5 \text{ años} = 20'875.456 \text{ USD}$$

La tasa de descuento que se utilizará para este análisis corresponde a la tasa de descuento de los proyectos sociales (12%) empleada por organismos estatales como la CFN y SENPLADES, debido a que representa el costo de oportunidad del Estado al no implementar la propuesta. A continuación los flujos financieros y económicos de la propuesta (ver tabla 10):

**Tabla 10:**  
**Flujos financieros y económicos de la propuesta bajo un escenario con subsidio al GLP (cifras en dólares)**

Año	Ingresos	Egresos	Flujo neto	Valor actual	Ingresos intangibles
0		\$ 20.875.456,00	-\$ 20.875.456,00	-\$ 20.875.456,00	Disminución de riesgo de contraer explosiones en el hogar.
1	\$ 1.746.130,68	\$ 20.875.456,00	-\$ 19.129.325,32	-\$ 17.079.754,75	Disminuciones en enfermedades infecto-contagiosas generadas por el aumento de salubridad en el uso de agua caliente en el hogar.
2	\$ 3.492.261,36	\$ 20.875.456,00	-\$ 17.383.194,64	-\$ 13.857.776,34	Generación de empleos en la población por inversiones en la producción y comercialización de energía solar térmica para calentamiento de agua.
3	\$ 5.238.591,12	\$ 20.875.456,00	-\$ 15.636.864,88	-\$ 11.130.011,56	Emisión de bonos de carbono por reducción en las emisiones de CO <sub>2</sub> .
4	\$ 6.984.721,80	\$ 20.875.456,00	-\$ 13.890.734,20	-\$ 8.827.812,71	Reducción de enfermedades respiratorias, alérgicas generadas por la menor cantidad de CO <sub>2</sub> en el aire.
5	\$ 8.730.852,48		\$ 8.730.852,48	\$ 4.954.120,17	Reducción del costo político del Estado al implementar reformas en el subsidio al GLP.
6	\$ 8.730.852,48		\$ 8.730.852,48	\$ 4.423.321,58	
7	\$ 8.730.852,48		\$ 8.730.852,48	\$ 3.949.394,27	
8	\$ 8.730.852,48		\$ 8.730.852,48	\$ 3.526.244,88	
9	\$ 8.730.852,48		\$ 8.730.852,48	\$ 3.148.432,93	
10	\$ 8.730.852,48		\$ 8.730.852,48	\$ 2.811.100,83	
11	\$ 8.730.852,48		\$ 8.730.852,48	\$ 2.509.911,46	
12	\$ 8.730.852,48		\$ 8.730.852,48	\$ 2.240.992,37	
13	\$ 8.730.852,48		\$ 8.730.852,48	\$ 2.000.886,05	
14	\$ 8.730.852,48		\$ 8.730.852,48	\$ 1.786.505,40	
15	\$ 8.730.852,48		\$ 8.730.852,48	\$ 1.595.094,11	
16	\$ 8.730.852,48		\$ 8.730.852,48	\$ 1.424.191,17	
17	\$ 8.730.852,48		\$ 8.730.852,48	\$ 1.271.599,26	
18	\$ 8.730.852,48		\$ 8.730.852,48	\$ 1.135.356,48	
19	\$ 8.730.852,48		\$ 8.730.852,48	\$ 1.013.711,14	
20	\$ 8.730.852,48		\$ 8.730.852,48	\$ 905.099,23	
21	\$ 8.730.852,48		\$ 8.730.852,48	\$ 808.124,32	
22	\$ 8.730.852,48		\$ 8.730.852,48	\$ 721.539,57	
23	\$ 8.730.852,48		\$ 8.730.852,48	\$ 644.231,76	
24	\$ 8.730.852,48		\$ 8.730.852,48	\$ 575.206,93	
25	\$ 8.730.852,48		\$ 8.730.852,48	\$ 513.577,61	
			<b>VAN</b>	<b>-\$ 29.812.169,86</b>	
			<b>TIR</b>	<b>6%</b>	

**Fuente:** Montoya, 2013; Vega, 2013; MEER, 2009  
**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez

El cálculo del VAN y de la TIR durante este análisis, refleja que implementar paneles solares térmicos para sustituir el consumo ineficiente del subsidio al GLP en el DMQ no es viable económicamente para la sociedad en su conjunto, ya que el costo de oportunidad plantea que el Estado podría destinar estos recursos a otros proyectos. Sin embargo, hay que tener en cuenta que este análisis sólo toma en cuenta los ingresos financieros que tendría la sociedad con la puesta en marcha de la propuesta, y que también deben tomarse en cuenta ingresos intangibles como:

- Disminución de riesgo de contraer explosiones en el hogar.
- Disminuciones en enfermedades infecto-contagiosas generadas por el aumento en la salubridad en el uso de agua caliente en el hogar.
- Generación de empleos en la población, por inversiones en la producción y comercialización de energía solar térmica para calentamiento de agua (incentivados por el subsidio).
- Emisión de bonos de carbono por reducción en las emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Reducción de enfermedades respiratorias, alérgicas generadas por la menor cantidad de CO<sub>2</sub> en el aire.
- Reducción del costo político del Estado al implementar reformas en el subsidio al GLP.

Estos ingresos intangibles no pudieron ser calculados por la complejidad en su cálculo y porque exceden el alcance de la disertación. No obstante, son presentados en el análisis porque brindan otra perspectiva al hacedor de la política en cuanto a la viabilidad económica de la propuesta.

Esta política subsidiaria cumpliría con la función de transferir los recursos a los grupos más vulnerables en el sentido de regular el consumo y por ende el subsidio del GLP solamente a actividades domésticas, es decir, al consumo eficiente del derivado; ya que regular el consumo del GLP a actividades domésticas; en este sentido, el gobierno con la implementación de la propuesta generaría, durante los 25 años de vida útil de los SST, ingresos por ahorro de subsidio al GLP de 200,81 millones de USD, e ingresos anuales promedio de 8,03 millones de USD. Este ingreso anual promedio permitiría incrementar la asignación presupuestal de sectores como educación y salud en 0,70% y 0,45% respectivamente (si se toma la mitad del ingreso anual promedio, 4,015 millones de USD, para cada sector), estos valores se plantearon según la proforma de inversión del PGE de 2013. (Ministerio de Finanzas, 2013)

Por otro lado, este último punto estaría cumpliendo con los criterios de Kaldor-Hicks y equidad porque los ingresos generados por la propuesta se estarían transfiriendo hacia sectores que redistribuyen mejor la riqueza, como educación y salud, que benefician ampliamente a los sectores vulnerables. De esta manera, la mejora en el bienestar que trae la implementación de la propuesta se estaría repartiendo a toda la sociedad con lo cual los beneficiados con la propuesta estarían compensando a los agentes que se sientan perjudicados con la misma. Por otra parte, el criterio de eficiencia estaría cumplido en la evaluación de la propuesta en el sentido de que la política subsidiaria reemplazaría todos los hogares que utilizan calefón a gas por paneles solares térmicos en el DMQ, además los costos de la política subsidiaria no comprometen las finanzas del Gobierno Central en el largo plazo, ya que este último podría financiar la política subsidiaria en su totalidad con los ingresos por ahorro del consumo ineficiente de GLP por parte de los hogares del DMQ que consumen calefón, tal como se observa en la tabla 10.

### **Análisis costo-beneficio propuesta: Escenario sin subsidio al GLP**

El plan de gobierno de sustituir las cocinas que utilizan gas por cocinas eléctricas de inducción con el aumento de la generación hidroeléctrica en el país para el año 2016, ha llevado a la población a cuestionarse acerca de la vigencia del subsidio al GLP en el país. Por esta razón es fundamental introducir este escenario en el análisis costo-beneficio de la presente propuesta.

#### **Análisis privado:**

Al igual que el análisis privado del escenario anterior, este análisis tiene como objetivo determinar la rentabilidad financiera de sustituir el calefón a gas por paneles solares térmicos para un hogar del DMQ.

#### **Ingresos**

Los ingresos de los hogares del DMQ beneficiados con la propuesta serán el ahorro por la compra del calefón a gas y los costos de operación y mantenimiento del mismo anualmente. A diferencia del análisis anterior, el tener un escenario en donde no existe el subsidio al GLP, plantea cambios en el cálculo del costo de operación del calefón, ya que los hogares pagarían un precio de 0,90 USD por kilogramo de gas (718,18% más que el análisis anterior):

$$\text{Costo operación calefón anual: } 252 \frac{\text{kg}}{\text{año}} \times 0,90 \frac{\text{USD}}{\text{kg}} = 226,80 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

Por otro lado, los ingresos por compra del calefón a gas y del costo de mantenimiento del mismo permanecen igual.

## Costos

Los costos de este análisis permanecerían iguales que el análisis privado del escenario anterior, debido a que la eliminación del subsidio al gas no afecta a los egresos de los hogares del DMQ beneficiados con la propuesta: por compra del SST y por costos de mantenimiento del mismo.

De la misma forma, para este análisis se mantiene la tasa de descuento del 4,53% y el horizonte de 25 años. La tabla 11 expone los flujos financieros del presente análisis:

**Tabla 11:**  
**Flujos financieros análisis privado, escenario sin subsidio GLP (cifras en dólares)**

Año	Ingresos				Egresos				Flujo neto	Valor actual
	Compra equipo	Costos operación	Mantenimiento	Total	Compra equipo	Costos operación	Mantenimiento	Total		
0	\$ 300,00			\$ 300,00	\$ 1.020,00			\$ 1.020,00	-\$ 720,00	-\$ 720,00
1		\$ 226,80	\$ 40,00	\$ 266,80		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 256,94	\$ 245,81
2		\$ 226,80	\$ 40,00	\$ 266,80		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 256,94	\$ 235,15
3		\$ 226,80	\$ 40,00	\$ 266,80		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 256,94	\$ 224,96
4		\$ 226,80	\$ 40,00	\$ 266,80		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 256,94	\$ 215,21
5		\$ 226,80	\$ 40,00	\$ 266,80		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 256,94	\$ 205,89
6		\$ 226,80	\$ 40,00	\$ 266,80		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 256,94	\$ 196,96
7		\$ 226,80	\$ 40,00	\$ 266,80		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 256,94	\$ 188,43
8		\$ 226,80	\$ 40,00	\$ 266,80		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 256,94	\$ 180,26
9		\$ 226,80	\$ 40,00	\$ 266,80		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 256,94	\$ 172,45
10		\$ 226,80	\$ 40,00	\$ 266,80		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 256,94	\$ 164,98
11		\$ 226,80	\$ 40,00	\$ 266,80		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 256,94	\$ 157,83
12		\$ 226,80	\$ 40,00	\$ 266,80		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 256,94	\$ 150,99
13		\$ 226,80	\$ 40,00	\$ 266,80		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 256,94	\$ 144,44
14		\$ 226,80	\$ 40,00	\$ 266,80		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 256,94	\$ 138,18
15	\$ 300,00	\$ 226,80	\$ 40,00	\$ 566,80		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 556,94	\$ 286,55
16		\$ 226,80	\$ 40,00	\$ 266,80		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 256,94	\$ 126,47
17		\$ 226,80	\$ 40,00	\$ 266,80		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 256,94	\$ 120,99
18		\$ 226,80	\$ 40,00	\$ 266,80		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 256,94	\$ 115,74
19		\$ 226,80	\$ 40,00	\$ 266,80		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 256,94	\$ 110,73
20		\$ 226,80	\$ 40,00	\$ 266,80		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 256,94	\$ 105,93
21		\$ 226,80	\$ 40,00	\$ 266,80		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 256,94	\$ 101,34
22		\$ 226,80	\$ 40,00	\$ 266,80		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 256,94	\$ 96,95
23		\$ 226,80	\$ 40,00	\$ 266,80		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 256,94	\$ 92,74
24		\$ 226,80	\$ 40,00	\$ 266,80		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 256,94	\$ 88,73
25		\$ 226,80	\$ 40,00	\$ 266,80		\$ 9,86	-	\$ 9,86	\$ 256,94	\$ 84,88
									<b>VAN</b>	<b>\$ 3.232,57</b>
									<b>TIR</b>	<b>36%</b>

**Fuente:** Montoya, 2013; Vega, 2013; MEER, 2009

**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez

Al igual que el análisis anterior, para los hogares del DMQ es rentable financieramente invertir en energía solar térmica para calentamiento de agua subsidiada para sustituir el calefón a gas; sin embargo bajo este escenario la rentabilidad financiera es más alta que el análisis anterior, debido al aumento en los costos de operación de los calefones a gas, los cuales se traducen mayores ingresos para los hogares. La tabla 12 resume los indicadores financieros del análisis privado bajos los dos escenarios planteados:

**Tabla 12:**  
**Indicadores financieros análisis privado**

Escenario	Indicadores financieros		
	VAN	TIR	Tiempo recuperación inversión
Con subsidio al GLP	\$ 289,67	8%	15 años
Sin subsidio al GLP	\$ 3.232,57	36%	4 años

**Fuente:** Tabla 9, Tabla 11

**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez

Esta última comparación refleja lo positivo que sería para los hogares del DMQ sustituir el calefón a gas por energía solar térmica para calentamiento de agua en un escenario sin subsidio al GLP; lo cual realza la importancia que tendría esta propuesta en los próximos años en los hogares del DMQ, dada la realidad nacional.

### **Análisis social**

La ausencia del subsidio al GLP hace que la propuesta no tenga ingresos por ahorro del subsidio al gas, como se desarrollo en el análisis anterior, y simplemente obtenga ingresos por beneficios que no han podido ser calculados por su complejidad y porque exceden el alcance de la investigación. Esto no significa que la propuesta bajo este escenario deje de ser viable económicamente para el país, ya que estas circunstancias permitirían al gobierno desarrollar ampliamente la energía solar térmica para calentamiento de agua en el país, por los amplios beneficios privados que tendrían los hogares con la puesta en marcha de esta tecnología, tal como se demostró en el análisis privado anterior; así como los beneficios intangibles expuestos en el análisis social anterior.



## ***Conclusiones y recomendaciones***

### ***Conclusiones***

El subsidio al GLP fue creado con el objetivo de redistribuir los ingresos hacia los sectores más vulnerables del país, y para ser utilizado en actividades domésticas, como la cocción de alimentos. Sin embargo a través de los años, el crecimiento de la demanda por su bajo precio de venta (1,60USD por la bombona de 15kgs), y la nula transitoriedad que ha tenido esta política subsidiaria han impedido que estos objetivos anteriormente expuestos se cumplan; brindando a cambio una serie de problemas, los cuales han tenido que ser enfrentados con grandes montos de dinero para financiar este subsidio, 3.318,7 millones de USD durante el período de análisis. Estos son los principales problemas que envuelven al subsidio al GLP en el Ecuador con datos del período 2004-2011:

- **Ineficiencia en la producción de GLP:** Las refinerías del país producen solamente el 23% de la oferta total, obligando de esta manera al gobierno a importar el 77% restante para satisfacer la demanda local. Esta ineficiencia en la producción de este derivado le ha costado al país 4.129,5 millones de USD, durante los 7 años de análisis, monto equivalente a la construcción de dos hidroeléctricas Coca Codo Sinclair.
- **Costo del subsidio dependiente del mercado externo:** El costo del subsidio depende en un 77% en promedio del costo de importación del derivado; y el costo de importación se encuentra en función del mercado internacional por la variación de los precios por barril, los cuales se encuentran en función de la variación de los precios del petróleo a nivel mundial.
- **Insostenibilidad en su financiamiento:** La dependencia del mercado internacional al momento de costear el subsidio al GLP, hace cuestionarse si el Estado es capaz de ser sostenible a la hora de financiar el subsidio año tras año. Durante el período de análisis, el costo de importación del GLP crece a una tasa promedio anual del 19,57%, mientras que el PGE aumenta a una tasa promedio anual del 15,65%. Que el costo de importación del GLP crezca a una tasa más rápida que el PGE, que es el rubro que financia el primero, demuestra lo insostenible que ha sido para el Estado financiar esta política subsidiaria durante el período de análisis.
- **Contrabando:** El bajo precio de venta del derivado ha estimulado la realización de este tipo de actividad hacia los países vecinos como Colombia y Perú, países en donde una bombona de 15kgs cuesta doce y dieciséis más respectivamente. En los 7 años de análisis al gobierno le ha costado este problema 730,1 millones de USD.
- **Ineficiencia en su consumo:** El bajo precio de venta ha ocasionado que las personas con mayores recursos demanden más de este bien y lo utilicen para actividades de carácter suntuoso, como el calentamiento de piscinas y calefones. La última encuesta de condiciones de vida realizada en el año 2006 refleja esta problemática: el 20% más rico de la población consume un 43,93% más que el 20% de la población más pobre, además este 20% más rico de la población utiliza solamente el 78,23% para actividades de cocina (el 20% más pobre utiliza el 97,92%) destinando el resto del consumo en actividades de negocio (9,05%) y calefón (12,53%)

principalmente. En los 7 años del período de análisis, al gobierno le ha costado la mala focalización del subsidio al gas 704,9 millones de dólares, monto mayor al subsidio destinado en el año 2011 (636,2 millones de USD).

A pesar de todos estos problemas, esta política subsidiaria se ha mantenido en el país porque ha permitido que el 90% de hogares ecuatorianos cocinen sus alimentos, en especial en los hogares de la población más vulnerable donde cerca del 95% destina el GLP a esta actividad. Por esta razón, remover el subsidio al GLP no es una política viable en las condiciones de consumo de los hogares, no obstante mantener el subsidio generalizado tampoco es conveniente ni sostenible.

La ciudad de Quito al ser la segunda ciudad más grande y más poblada del Ecuador con 2'239.191 habitantes y 641.214 hogares, cuenta con una alta demanda en el consumo de GLP, ya que el 96,6% de los hogares del DMQ consumen GLP como combustible principal para cocinar. Dentro de esta alta demanda, gracias a la ECV de 2006, se identificó que el 10,20% de los hogares del 91,6% de hogares que compraron el derivado durante el mes pasado en el DMQ consumieron el gas y lo destinaron al uso del calefón; lo cual significa que 43.856 hogares del DMQ consumen ineficientemente el subsidio al gas en el uso del calefón.

La energía solar a través de los años, se ha constituido como una de las energías renovables de mayor importancia y aplicación por depender en su funcionamiento de una fuente de energía abundante e inagotable como el sol, y por tener un gran potencial en la mitigación del cambio climático por el desplazamiento en el consumo combustibles fósiles, los cuales emiten grandes cantidades de gases de efecto invernadero. La energía solar térmica para calentamiento de agua es una de las aplicaciones que mayor desarrollo ha tenido a lo largo de los años por ser una aplicación práctica y rentable, la cual tiene en China y la Unión Europea el 81,6% de su capacidad instalada.

Este tipo de tecnología tiene entre sus principales beneficios la no emisión de GEI, ya que la utilización por un año por parte de un hogar puede evitar la emisión de una tonelada de CO<sub>2</sub>; y su vida útil de 25 años permite que esta tecnología sea costo-competitiva con otras tecnologías que utilizan el consumo de combustibles fósiles para su funcionamiento. A pesar de los beneficios existentes esta tecnología cuenta con barreras para su difusión entre las cuales se destaca los altos costos de inversión que se necesitan para adquirir la misma, los cuales han impedido el desarrollo de esta tecnología en países en vías de desarrollo principalmente. Ante estas barreras muchos países han optado por implementar políticas que permitan la difusión de la energía solar térmica para calentamiento de agua entre las que se destacan medidas basadas en la normativa como mandatos en la construcción, precios preferentes, prioridad en el acceso de la red, entre otras; y medidas basadas en incentivos económicos como subvenciones, crédito tributario, préstamos, garantías, etc.

Quito es una de las ciudades alrededor del mundo (al igual que todo el Ecuador) donde la energía solar térmica para calentamiento de agua debería tener una gran acogida por ser una de las ciudades que cuenta con mayor radiación solar del planeta, así lo demuestra su insolación global promedio de 4,83 kWh/m<sup>2</sup>/día (la mayoría de países europeos no superan los 2 kWh/m<sup>2</sup>/día de insolación global promedio). Sin embargo, los subsidios al GLP como a la electricidad, han impedido el desarrollo de este

tipo de tecnología, ya que los mismos han fomentado el consumo de tecnologías convencionales para calentamiento de agua como el calefón y la ducha eléctrica. Esto se refleja en la poca participación del gobierno en la difusión de la misma, en donde sólo se ha implementado un proyecto que envuelve el uso de energía solar térmica para calentamiento de agua por parte del MEER.

Ante este escenario, la propuesta de la investigación se centró en implementar una subvención del 70% a la compra de un SST para calentamiento de agua, para que la inversión en este equipo sea más rentable que la inversión en la adquisición de un calefón a lo largo de la vida útil del primero; permitiendo de esta manera que los hogares del DMQ sustituyan el uso del calefón por energía solar térmica para calentamiento de agua.

La razón por la que se escogió utilizar una subvención como incentivo económico, es porque dadas las condiciones del mercado de agua caliente sanitaria en el país, es fundamental impulsar primeramente la demanda este tipo de tecnología antes que la oferta ya que el subsidio no sólo haría frente a los altos costos de inversión sino que también fortalecería la disposición de los hogares en implementar este tipo de tecnología en dos formas, la primera demostrando que es una tecnología que funciona y es viable de adoptar, y segundo que es una tecnología que asegura la seguridad energética del país y reduce la contaminación ambiental. Una vez que la energía solar térmica sea conocida y utilizada ampliamente; este subsidio incentivaría indirectamente la puesta en marcha de una industria de paneles solares en el país (en donde ya exista la capacidad instalada para desarrollar la misma).

El análisis costo-beneficio bajo los dos escenarios constó con un análisis privado que reflejaba la perspectiva de los hogares ante la puesta en marcha de la propuesta, y con un análisis social que reflejaba la perspectiva económica de la misma. La diferencia entre ambos análisis radicaba en que el primero buscaba conocer si para los hogares era rentable financieramente sustituir el calefón a gas por paneles solares térmicos; mientras que el segundo se centraba en conocer si la propuesta era viable económicamente para la sociedad.

En ambos escenarios, el análisis privado demostró que es rentable financieramente para los hogares reemplazar el calefón a gas por un SST subvencionado en un 70% a la compra del equipo. Por otra parte, en cuanto al análisis social de la propuesta, se demostró que los ingresos por ahorro en el subsidio al GLP (ingresos financieros) no fueron suficientes para contrarrestar la inversión de la política subsidiaria a implementarse (bajo una tasa de descuento del 12%); sin embargo la puesta en marcha de la energía solar térmica para calentamiento de agua trae consigo ingresos (beneficios) que no son posibles calcularlos por su complejidad y porque exceden el alcance de la investigación que hacen que el hacedor de la política tome otra perspectiva en cuanto a la viabilidad económica de la propuesta.

Finalmente, esta propuesta cumpliría con los criterios de Kaldor-Hicks y equidad porque los ingresos generados por la misma estarían siendo transferidos hacia sectores que redistribuyen mejor la riqueza, como educación y salud, en un 0,70% y 0,45% respectivamente. Por lo que, la mejora en el bienestar que traería la implementación de la propuesta se estaría repartiendo a toda la sociedad con lo cual beneficiados con la propuesta estarían compensando a los agentes que se sientan perjudicados con la misma. Por otra parte, se estaría cumpliendo con el criterio de eficiencia en el sentido de que la política

subsidiaria reemplazaría todos los hogares que utilizan calefón a gas por paneles solares térmicos en el DMQ, es decir, siendo una política 100% efectiva que no compromete las finanzas del Gobierno Central en el largo plazo y que beneficia indirectamente a los inversores que desean poner en marcha industrias que produzcan este tipo de tecnología nivel local.

## ***Recomendaciones***

Esta investigación tuvo como objetivo proponer un incentivo económico, como una subvención, para desarrollar la demanda de SST para calentamiento de agua en la ciudad de Quito. Sin embargo, esta medida necesita de incentivos complementarios para ser fortalecida y cumplir el cometido de incentivar el mercado de energía solar térmica tanto en su oferta como en su demanda.

En este sentido, en base a los incentivos exitosos para promover la energía solar térmica a nivel internacional y del estatus actual de esta tecnología en el país se recomienda fortalecer la propuesta con los siguientes incentivos:

- Implementar medidas basadas en la normativa, como mandatos de construcción específicamente, en donde se establezca que todas las edificaciones nuevas alrededor del país funcionen con energía solar térmica.
- Apertura de líneas de crédito para financiamiento en la compra de este tipo de tecnología, a través de acuerdos entre el sector público y la banca comercial, para que los segundos otorguen créditos a bajas tasa de interés.
- Deducción del impuesto a la renta para los inversores que deseen montar industrias que fabriquen SST para calentamiento de agua en el país.
- Apoyo gubernamental a empresas o centros de investigación que deseen realizar inversiones en I + D de energía solar térmica.
- Implementar campañas de radio y televisión masivas acerca de las características y funcionamiento de los SST para calentamiento de agua, con el objetivo de que la población conozca acerca de los beneficios potenciales de este tipo de tecnología en el cuidado al medio ambiente y se decida por esta alternativa.

Para lograr este cometido se necesita que el Ecuador tenga un marco legal e institucional establecido para fomentar el desarrollo de las energías renovables. Por otro lado, que el gobierno tenga una planificación, gestión y control de los incentivos eficiente, ya que se busca que estos incentivos sean aplicados en beneficio de propiciar un desarrollo sustentable en el país en el largo plazo.

Que los ecuatorianos logren cambiar su mentalidad en cuanto al uso de los equipos que funcionan con energía no renovable es fundamental para el desarrollo de los equipos que funcionan con fuentes de energía renovable. Por ejemplo la población debería tomar en cuenta al momento de usar un calefón a gas o su automóvil, cuánto le cuesta al Estado subsidiar cada uno de estos combustibles, y cómo afecta al ambiente el uso de los mismos. Segundo deben tomar en cuenta la eficiencia energética de los equipos, en ocasiones hay equipos que funcionan mejor cuando son conectados a una corriente de 220 vatios, sin embargo son utilizados en una corriente de 110 vatios.

Finalmente, hay que recalcar que el Ecuador posee todas condiciones para fomentar el desarrollo de la energía solar térmica para calentamiento de agua, y no solo condiciones climatológicas, en el país actualmente existe el conocimiento y el talento para fabricar equipos con la mayor tecnología. Entonces cabe realizarse esta pregunta: ¿por qué no realizar esta propuesta?

## Referencias bibliográficas

- Azqueta, Diego (2007) *Introducción a la economía ambiental*. (2ª ed.) Madrid: Mc Graw Hill.
- Banco Central del Ecuador (BCE), *Cifras del Sector Petrolero*. Recuperado de: <http://www.bce.fin.ec/frame.php?CNT=ARB0000006> [Consulta: 07/02/2013]
- Banco Central del Ecuador (BCE), *Tasas de interés, septiembre 2013*. Recuperado de: <http://www.bce.fin.ec/frame.php?CNT=ARB0000006> [Consulta: 17/09/2013]
- Bergman, Noam y Jardine, Christian (2009) *Power from the people: Domestic Microgeneration and the Low Carbon Buildings Programme*. Oxford University Press. Recuperado de: <http://www.eci.ox.ac.uk/publications/downloads/bergmanjardine09powerpeople.pdf> [Consulta: 14/04/2013]
- Castillo, José (2007, septiembre) Una nota acerca de los subsidios, la política y la economía. *Cuestiones Económicas*, 23. Recuperado de: <http://www.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Cuestiones/XXIII-III-04Castillo.pdf> [Consulta: 07/02/2013]
- Castro, Miguel (2011) *Hacia una matriz energética diversificada en Ecuador*. Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental (CEDA). Recuperado de: [http://www.ceda.org.ec/descargas/publicaciones/matriz\\_energetica\\_ecuador.pdf](http://www.ceda.org.ec/descargas/publicaciones/matriz_energetica_ecuador.pdf) [Consulta: 18/01/2013]
- Castro, Raúl y Marie, Karen (1996) *Evaluación económica y social de proyectos de inversión*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Cédric, Philibert (2006) *Barriers to technology diffusion: The case of solar thermal technologies*. International Energy Agency (IEA). Recuperado de: [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Solar\\_Thermal.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Solar_Thermal.pdf) [Consulta: 18/06/2013]
- Chamorro, Adriana (2009) *Análisis e impacto de la inclusión de los subsidios a los derivados de petróleo en el Presupuesto General del Estado del Ecuador período 1992-2008* (Disertación de grado), Facultad de Economía PUCE, Ecuador.
- Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (CENEC) (2011) *Norma Ecuatoriana de la Construcción: Capítulo 14 Energías Renovables*. Recuperado de: [http://www.normaconstruccion.ec/Capitulos\\_descargas/NEC2011-CAP14-ENERGIAS%20RENOVABLES-2013.pdf](http://www.normaconstruccion.ec/Capitulos_descargas/NEC2011-CAP14-ENERGIAS%20RENOVABLES-2013.pdf) [Consulta: 20/05/2013]

- Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC) (2009) **Plan Maestro de Electrificación 2009-2020: Capítulo 1 Introducción y Resumen.** Recuperado de: <http://www.conelec.gob.ec/images/documentos/PME0920CAP1.pdf> [Consulta: 03/02/2013]
- Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC) (2012) **Cargos Tarifas.** Recuperado de: [http://www.conelec.gob.ec/images/documentos/doc\\_10094\\_CARGOS%202012.pdf](http://www.conelec.gob.ec/images/documentos/doc_10094_CARGOS%202012.pdf) [Consulta: 23/05/2013]
- Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC) (2011) **Regulación No. CONELEC - 004/11.** Recuperado de: [http://www.conelec.gob.ec/normativa/CONELEC\\_004\\_11\\_ERNC.pdf](http://www.conelec.gob.ec/normativa/CONELEC_004_11_ERNC.pdf) [Consulta: 23/05/2013]
- Constitución del Ecuador (2008), Artículos: 15, 285, 313 y 413.
- Corporación para la Investigación Energética (2008) **Atlas Solar del Ecuador con fines de generación eléctrica.** CONELEC. Recuperado de: [http://www.conelec.gob.ec/archivos\\_articulo/Atlas.pdf](http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf) [Consulta: 04/03/2013]
- Diario El Comercio (2009, enero, 30) El desvío del gas costó USD 160 millones. **Autor,** Ecuador. Recuperado de: [http://www.elcomercio.ec/noticias/desvio-gas-costo-USD-millones\\_0\\_6601019.html](http://www.elcomercio.ec/noticias/desvio-gas-costo-USD-millones_0_6601019.html) [Consulta: 27/02/2013]
- European Solar Thermal Technology Platform (ESTTP) (2009) **Solar heating and cooling for a sustainable energy future in Europe.** ESTIF, EUREC Agency. Recuperado de: [http://www.estif.org/fileadmin/estif/content/projects/downloads/ESTTP\\_SRA\\_RevisedVersion.pdf](http://www.estif.org/fileadmin/estif/content/projects/downloads/ESTTP_SRA_RevisedVersion.pdf) [Consulta: 15/03/2013]
- Field, Barry y Field, Marta (2003) **Economía Ambiental.** (3ª ed.) Madrid: Mc Graw Hill.
- González, Iván (2012) **Incentivos económicos para potenciar el uso de calentadores solares en el Distrito Metropolitano de Quito** (Disertación de grado), Facultad de Economía PUCE, Ecuador.
- Hexagon Consultores (2006) **Subsidio al gas.** Memorando Económico de Investigación Legislativa (MEIL). Recuperado de: <http://www.hexagon.com.ec/images/M.E.I.L%20BOLETIN%20N%2015.pdf> [Consulta: 13/02/2013]
- Instituto Ecuatoriano de Estadística y Censos (INEC) (2007) **Encuesta de Condiciones de Vida: Quinta Ronda 2005-2006.** Quito: Autor.
- Instituto Ecuatoriano de Estadística y Censos (INEC) (2011) **Censo de Población y Vivienda 2010.** Quito: Autor.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) (2006) **Energía Solar Térmica.** Recuperado de: [http://dl.idae.es/Publicaciones/10374\\_Energia\\_solar\\_termica\\_A2006.pdf](http://dl.idae.es/Publicaciones/10374_Energia_solar_termica_A2006.pdf) [Consulta: 04/03/2013]

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2012) **Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation**. Cambridge University Press. Recuperado de: [http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC\\_SRREN\\_Full\\_Report.pdf](http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_Full_Report.pdf) [Consulta: 06/03/2013]
- International Energy Agency (IEA) (2011) **Solar Energy Perspectives**. Recuperado de: [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Solar\\_Energy\\_Perspectives2011.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Solar_Energy_Perspectives2011.pdf) [Consulta: 01/04/2013]
- International Energy Agency (IEA) (2012) **Technology Roadmap: Solar Heating and Cooling**. Recuperado de: [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/2012\\_SolarHeatingCooling\\_Roadmap\\_FINAL\\_WEB.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/2012_SolarHeatingCooling_Roadmap_FINAL_WEB.pdf) [Consulta: 01/04/2013]
- Jaramillo, Fernanda (2010) **Proyecto de distribución centralizada de gas licuado de petróleo en la ciudad de Quito: una alternativa eficiente de inversión para focalización de subsidio de gas** (Disertación de grado), Facultad de Economía PUCE, Ecuador.
- Labandeira, Xavier; León, Carmelo, y Vázquez, María José (2007) **Economía Ambiental**. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN.
- Manzano, Luis (2012) **Sustitución del gas licuado de petróleo (GLP) por cocinas eléctricas de inducción en el Ecuador**. Recuperado de Blogs Escuela de Organización Industrial: <http://www.eoi.es/blogs/luisenriquemanzano/2012/06/11/sustitucion-del-gas-licuado-de-petroleo-glp-por-cocinas-electricas-de-induccion-en-el-ecuador/> [Consulta: 10/04/2013]
- Martinot, Eric y Junfeng, Li (2007) **Powering China's Development: The Role of Renewable Energy**. Worldwatch Institute. Recuperado de: <http://www.worldwatch.org/files/pdf/Powering%20China's%20Development.pdf> [Consulta: 12/04/2013]
- Mayorga, Martín (2009, mayo-junio) Estado y mercado en la historia del Ecuador. **Nueva Sociedad**, 221. Recuperado de: [http://www.nuso.org/upload/articulos/3613\\_1.pdf](http://www.nuso.org/upload/articulos/3613_1.pdf) [Consulta: 07/02/2013]
- Meza, Jhonny (2010) **Evaluación Financiera de Proyectos**. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Ministerio Coordinador de la Producción, Empleo y Competitividad (MCPEC) (2010) **Los Subsidios Energéticos en el Ecuador**. Recuperado de: [http://www.elcomercio.ec/negocios/subsidios-energia-Ecuador\\_ECMFIL20110609\\_0001.pdf](http://www.elcomercio.ec/negocios/subsidios-energia-Ecuador_ECMFIL20110609_0001.pdf) [Consulta: 20/05/2013]
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) (2013) **Parque Eólico Villonaco**. Recuperado de: <http://www.energia.gob.ec/villonaco/> [Consulta: 05/06/2013]
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) (2009) **Proyecto: Dotación de 10.905 sistemas de energía solar térmica para agua caliente sanitaria en viviendas cofinanciadas con el bono de la vivienda otorgados a través del MIDUVI**. Quito: Autor.



Ministerio de Finanzas (2013) **Proforma del Presupuesto General del Estado 2013**. Recuperado de: <http://www.finanzas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/Proforma-del-Presupuesto-General-del-Estado-2013-1.pdf>

Montoya Pablo y Montoya Gilberto (entrevista, 8 de mayo 2013).

Observatorio de la Política Fiscal, **Boletín de transparencia fiscal No. 76 diciembre 2012**. Recuperado de: <http://www.observatoriofiscal.org/seccion-exclusiva/boletin-de-transparencia-fiscal.html> [Consulta: 06/02/2013]

Observatorio Medio Ambiente (2012) **Sensibilización, problemática ambiental cambio climático**. Recuperado de: <http://observatorio.medioambiente.gloobal.net/Sensibilizaci%C3%B3n/Problem%C3%A1tica%20ambiental/Cambio%20clim%C3%A1tico/Nociones/> [Consulta: 19/12/2013]

Petroecuador (2006) **Informe Estadístico Petroecuador 1972-2006**. Recuperado de: <http://www.eppetroecuador.ec/idc/groups/public/documents/archivo/001132.pdf> [Consulta: 10/04/2013]

Petroecuador (2013) **Precios Nacionales**. Recuperado de: [http://www.com.eppetroecuador.ec/wps/portal/!ut/p/c1/04\\_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os\\_jQAN9AQzcPIwN3dz9zA08LVx\\_noFBzY3dHQ6B8pFm8n79RqJujp6GhhZmroYGRmYeJk0-Yp4G7izEB3eEg-\\_DrB8kb4ACOBhB5XDYYGej7eeTnpux5EYYZAakKwIAe5Hing!/dl2/d1/L2dJQSEvUUt3QS9ZQnB3LzZfVVBNUt](http://www.com.eppetroecuador.ec/wps/portal/!ut/p/c1/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os_jQAN9AQzcPIwN3dz9zA08LVx_noFBzY3dHQ6B8pFm8n79RqJujp6GhhZmroYGRmYeJk0-Yp4G7izEB3eEg-_DrB8kb4ACOBhB5XDYYGej7eeTnpux5EYYZAakKwIAe5Hing!/dl2/d1/L2dJQSEvUUt3QS9ZQnB3LzZfVVBNUt) [Consulta: 10/04/2013]

Plan Nacional para el Buen Vivir (2009-2013). Políticas 4.3, 5.3. Ecuador.

PROCOBRE (2012) **El colector solar de placa plana (C.P.P)**. Recuperado de: [http://www.guaticobre.com/pdf/Aplicaciones%20del%20Cobre/2.3%20El%20colector%20solar%20de%20placa%20plana%20\(C.P.P.\).pdf](http://www.guaticobre.com/pdf/Aplicaciones%20del%20Cobre/2.3%20El%20colector%20solar%20de%20placa%20plana%20(C.P.P.).pdf) [Consulta: 28/02/2013]

Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21) (2012) **Renewables 2012 Global Status Report**. Recuperado de: [http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2013/GSR2013\\_lowres.pdf](http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2013/GSR2013_lowres.pdf) [Consulta: 24/04/2013]

Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21) (2013) **Políticas de soporte a las energías renovables**. Recuperado de: <http://www.ren21.net/RenewablePolicy/GSRPolicyTable.aspx> [Consulta: 17/03/2013]

Ríos, Álvaro, Garrón, Mauricio, y Cisneros, Pablo (2007) **Focalización de los subsidios a los combustibles en América Latina y el Caribe**. OLADE. Recuperado de: <http://www.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2009/02996.pdf> [Consulta: 01/03/2013]

- Rosero, Eduardo (2011). ***Mercado de la Energía Solar en el Ecuador***. Recuperado de: [http://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/media/pdf/Ecuador\\_Eduardo\\_Rosero\\_Der\\_Solarenergiemarkt\\_in\\_Ecuador.pdf](http://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/media/pdf/Ecuador_Eduardo_Rosero_Der_Solarenergiemarkt_in_Ecuador.pdf) [Consulta: 07/02/2013]
- Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda (DMQ) ***Población e indicadores del Distrito Metropolitano de Quito***. Recuperado de: <http://sthv.quito.gob.ec/images/indicadores/parroquia/Demografia.htm> [Consulta: 18/02/2013]
- SITIOSOLAR (2012) ***Los colectores solares de tubo vacío***. Recuperado de: <http://www.sitiosolar.com/colectores%20de%20tubo%20de%20vacio.htm> [Consulta: 28/02/2013]
- SOLAIRE (2012) ***Colectores solares***. Recuperado de: <http://www.solaire.com.co/colectores/> [Consulta: 28/02/2013]
- Stiglitz, Joseph (2003) ***La Economía del Sector Público***. (3ª ed.) Barcelona: Antoni Bosch, S.A.
- Valdivia, Blanca; Granillo, Pilar, y Villareal, María del Socorro (2003) ***Biología, la vida y sus procesos***. (2ª ed.) México D.F.: Publicaciones Cultural.
- Varian, Hal (2010) ***Microeconomía Intermedia***. (8ª ed.) Barcelona: Antoni Bosch, S.A.
- Vásquez, Guadalupe (1993) ***Ecología y formación ambiental***. México D.F.: Mc Graw Hill.
- Vega Germán (entrevista, 10 de mayo de 2013).
- Villacrés, Tatiana (2008) ***Economía política y organización institucional del subsidio al gas doméstico en el Ecuador: un análisis desde la experiencia internacional*** (Disertación de grado), Facultad de Economía PUCE, Ecuador.
- Villacreses, Roberto (2008) ***¿Los subsidios en el Ecuador valen la pena? Un análisis teórico, de sostenibilidad y de los beneficios que generan los subsidios en el Ecuador***. Instituto Ecuatoriano de Economía Política (IEEP). Recuperado de: <http://www.ieep.org.ec/PDFs/APP-SubsidiosRoberto.pdf> [Consulta: 29/05/2013]
- Villalba Carlos (entrevista, 9 de mayo 2013).
- Vos, Rob, Ponce, Juan, León, Mauricio, y Cuesta, José (2002) ***¿Quién se beneficia del gasto social en Ecuador? Desafíos para mejorar la equidad y la eficiencia del gasto social***. Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador (SIISE). Recuperado de: [http://www.siise.gob.ec/siiseweb/PageWebs/pubsii/pubsii\\_0047.pdf](http://www.siise.gob.ec/siiseweb/PageWebs/pubsii/pubsii_0047.pdf) [Consulta: 07/02/2013]
- Wallace, Robert (1995) ***Biología: El mundo de la vida***. (6ª ed.) México D.F.: Harla S.A.
- Weiss, Werner, y Mauthner, Franz (2013) ***Solar Heat Worldwide: Markets and Contribution to the Energy Supply 2011***. IEA Solar Heating & Cooling Programme. Recuperado de: <http://www.iea-shc.org/data/sites/1/publications/Solar-Heat-Worldwide-2013.pdf> [Consulta: 04/03/2013]

World Bank (2010) **World Development Report 2010: Development and Climate Change**. Recuperado de: <http://siteresources.worldbank.org/INTWDR2010/Resources/5287678-1226014527953/WDR10-Full-Text.pdf> [Consulta: 19/02/2013]

World Commission on Environment and Development (WCED) (1987) ***Our Common Future***. Oxford University Press. Recuperado de: <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf> [Consulta: 03/06/2013]

## Anexos

### Anexo 1 Constitución 2008 del Ecuador: artículos relacionados con la utilización de energías renovables

Art. 15: *El Estado promoverá en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.*

Art. 313: *El Estado se reserva el derecho de **administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos**, de conformidad con los **principios de sostenibilidad ambiental**, precaución, prevención y eficiencia.*

*Se consideran sectores estratégicos **la energía en todas sus formas....***

Art. 413: *El Estado promoverá **la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.***

### Anexo 2 Plan Nacional del Buen Vivir 2009-2013: políticas relacionadas con la implementación de energías renovables

Política 4.3.: Diversificar la matriz energética nacional, promoviendo la eficiencia y una mayor participación de energías renovables.

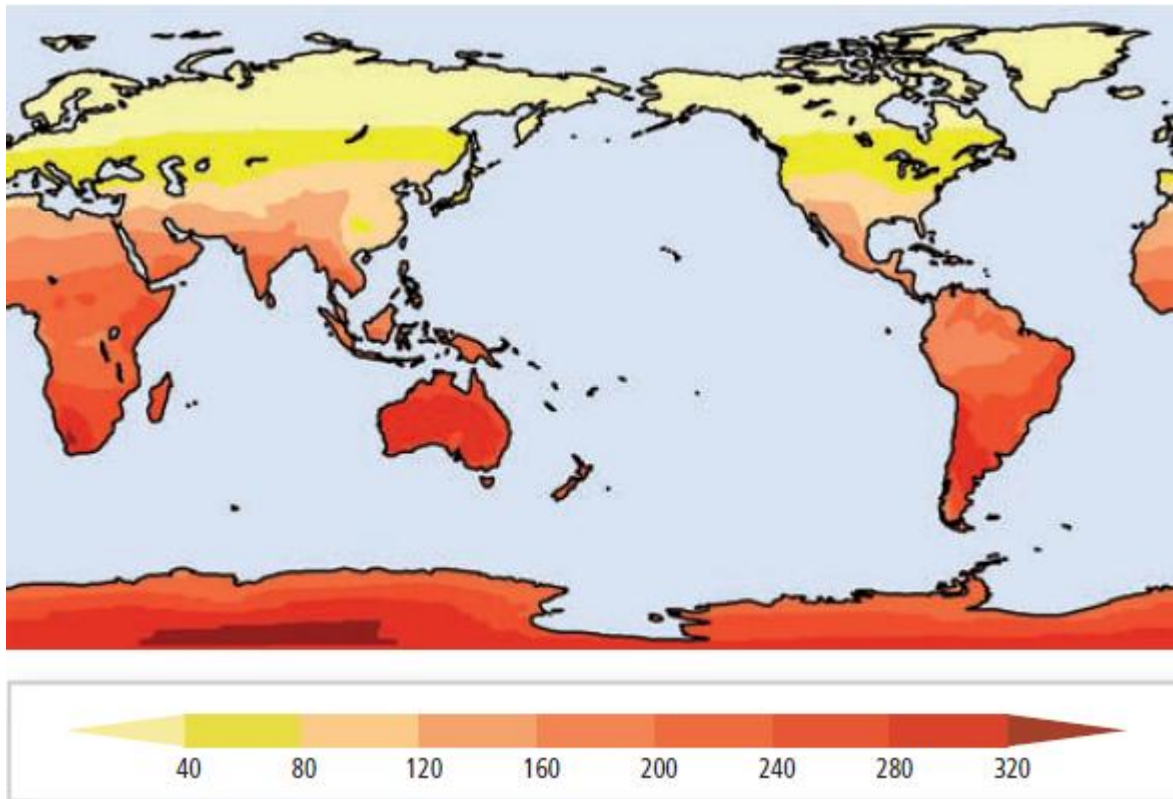
- *Aplicar programas, e implementar tecnología e infraestructura orientados al ahorro y a la eficiencia de las fuentes actuales y a la soberanía energética.*
- *Aplicar esquemas tarifarios que fomenten la eficiencia energética en los diversos sectores de la economía.*
- *Impulsar la generación de energía de fuentes renovables o alternativas con enfoque de sostenibilidad social y ambiental.*
- *Promover investigaciones para el uso de energías alternativas renovables, incluyendo la mareomotriz y la geotermia, bajo parámetros de sustentabilidad en su aprovechamiento.*
- *Reducir gradualmente el uso de combustibles fósiles en vehículos, embarcaciones y generación termoeléctrica, y sustituir gradualmente vehículos convencionales por eléctricos en el Archipiélago de Galápagos.*
- *Diversificar y usar tecnologías ambientalmente limpias y energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto en la producción agropecuaria e industrial y de servicios.*

Política 5.3.: Propender a la reducción de la vulnerabilidad producida por la dependencia externa alimentaria y energética.

- *Fomentar la producción de alimentos sanos y culturalmente apropiados de la canasta básica para el consumo nacional, evitando la dependencia de las importaciones y los patrones alimenticios poco saludables.*
- *Impulsar la industria nacional de alimentos, asegurando la recuperación y la innovación de productos de calidad, sanos y de alto valor nutritivo, articulando la producción agropecuaria y con el consumo local.*
- *Promover, gestionar y planificar el manejo integral y sustentable del agua para asegurar la disponibilidad en cantidad y calidad del recurso hídrico para la soberanía alimentaria y energética.*
- *Ampliar la capacidad nacional de generación de energía en base a fuentes renovables.*

### Anexo 3 Irradiación global mundial (en Wh/m<sup>2</sup>)

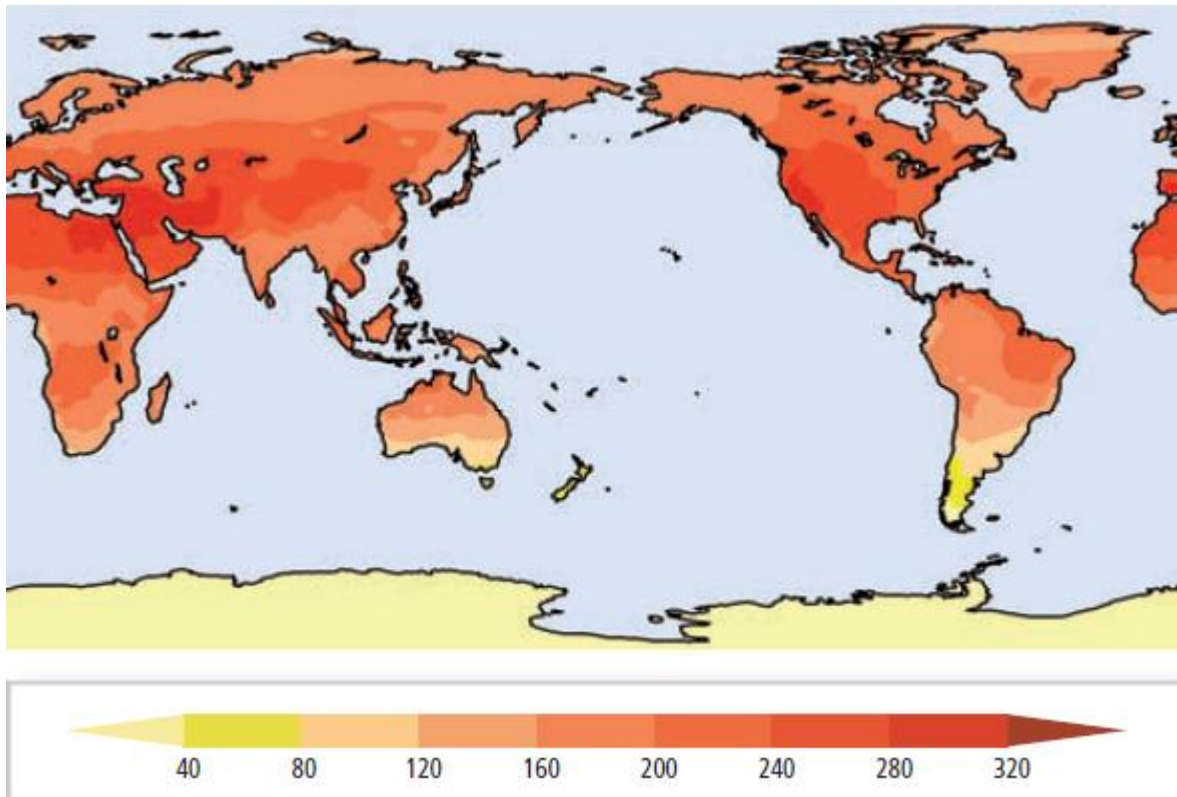
Irradiación global meses: diciembre, enero, febrero



Fuente: IPCC, Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, 2012

Elaboración: IPCC

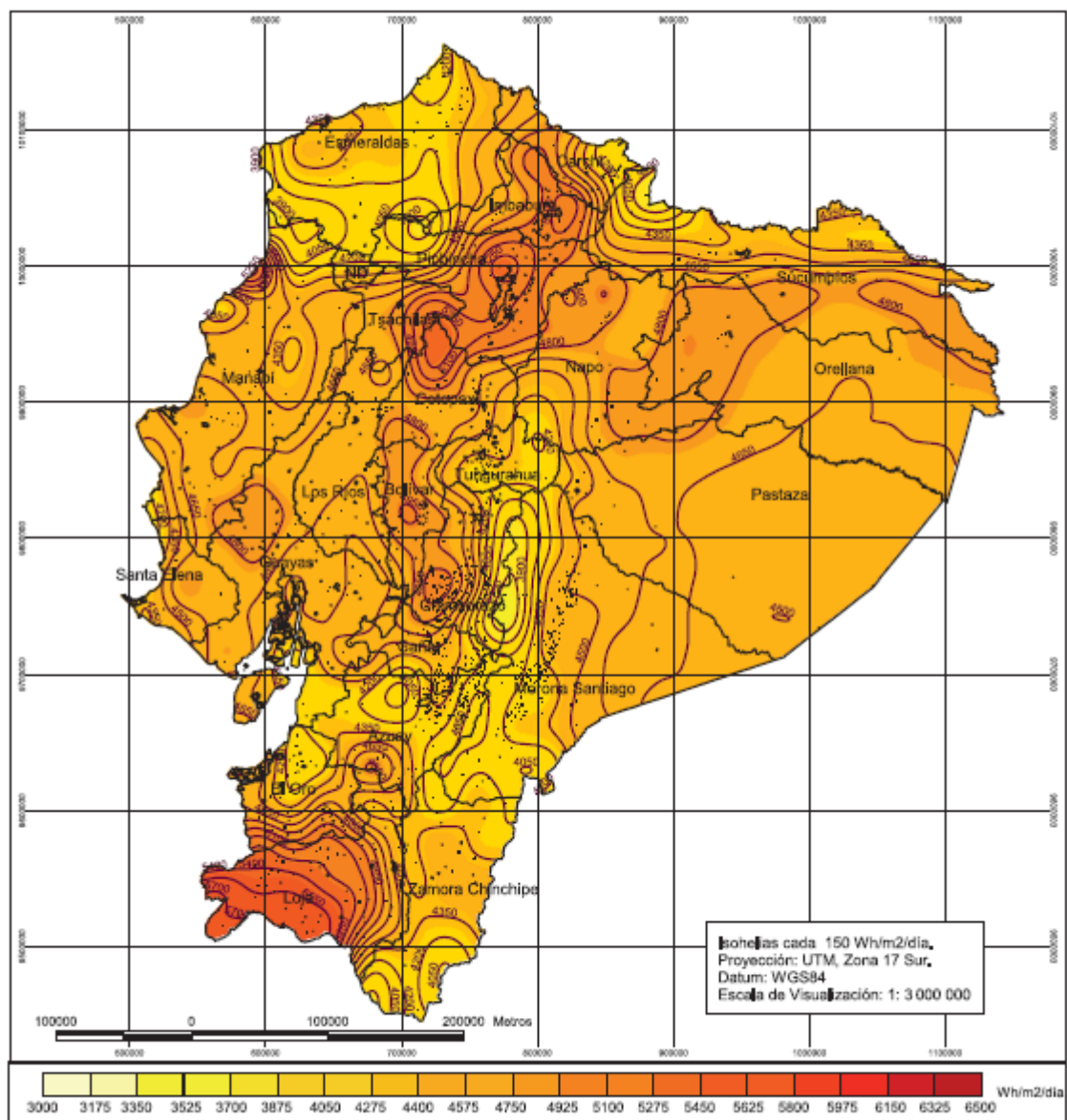
Irradiación global meses: junio, julio, agosto



**Fuente:** IPCC, Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, 2012  
**Elaboración:** IPCC

## Anexo 4 Irradiación global Ecuador (en Wh/m<sup>2</sup>/día)

Irradiación global promedio Ecuador



Fuente y elaboración: Atlas solar del Ecuador

## Anexo 5 Irradiación solar promedio anual de las principales ciudades del Ecuador

Provincia	Ciudad	kWh/m <sup>2</sup> /día promedio
Carchi	Tulcán	4,14
Esmeraldas	Esmeraldas	4,35
Imbabura	Ibarra	4,56
Manabí	Portoviejo	4,16
Pichincha	Quito	4,83
Tsachilas	Sto. Domingo	3,44
Cotopaxi	Latacunga	4,42
Napo	Tena	4,35
Santa Elena	Salinas	4,36
Guayas	Guayaquil	4,37
Los Ríos	Babahoyo	3,78
Bolívar	Guaranda	4,8
Tungurahua	Ambato	4,55
Chimborazo	Riobamba	4,49
Pastaza	Puyo	3,8
Cañar	Azogues	4,5
Morona Santiago	Macas	4,09
Azuay	Cuenca	4,35
El Oro	Machala	4,2
Loja	Loja	4,35
Zamora Chinchipe	Zamora	4,35
Galápagos	Puerto Ayora	5,84

**Fuente:** Atlas solar del Ecuador

**Elaboración:** Jorge Luis Sánchez